

1/1 PLUSPAT(C) QUESTEL-ORBIT

PN - DE3446658 A1 19881110 [DE3446658]
PN2 - DE3446658 C2 19930114 [DE3446658]
TI - (A1) Filter for determining target data
OTI - (A1) FILTER ZUR BESTIMMUNG VON ZIELDATEN
PA - (A1) KRUPP ATLAS ELEKTRONIK GMBH (DE)
IN - (A1) STEIMEL ULRICH DR RER NAT (DE); HAASE HANS-GUENTER (DE)
AP - DE3446658 19841221 [1984DE-3446658]
PR - DE3446658 19841221 [1984DE-3446658]
IC - (A1) G01C-021/04 G01S-003/86 G06G-007/78
EC - G01S-003/86
- G01S-005/20
- H03H-017/02F5
DT - Basic
STG - (A1) Doc. Laid open (First publication)
STG2- (C2) Patent Specification (Second publication)
AB - In this filter, optimum filter coefficients are determined from widely scattered measurement values, for example bearings, in an iterative signal processing circuit. The filter coefficients and the measurement values are used for driving an accumulation circuit which determines correction values for an initial estimate of the target data. According to the invention, the filter is improved by additional multiplication circuits for determining the coefficients for the dynamic target data, that is to say the velocity components.
Such filters are used in solving navigation tasks, particularly the passive determination of position and motion data of target vehicles.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 34 46 658.4
㉑ Anmeldetag: 21. 12. 84
㉒ Offenlegungstag: 10. 11. 88

Netherlands Patent Office
Library tel. 070 - 986555
fax 070 - 900190 Rijswijk

DE 3446658 A1

㉗ Anmelder:
Krupp Atlas Elektronik GmbH, 2800 Bremen, DE

㉘ Erfinder:
Steimel, Ulrich, Dr.rer.nat., 2806 Oyten, DE; Haase,
Hans-Günter, 2800 Bremen, DE

㉙ Filter zur Bestimmung von Zieldaten

Es wird ein Filter zur Bestimmung von Zieldaten angegeben, bei dem aus stark streuenden Meßwerten, z. B. Peilungen, in einer iterativen Signalverarbeitungsschaltung optimale Filterkoeffizienten ermittelt werden. Mit den Filterkoeffizienten und den Meßwerten wird eine Akkumulationsschaltung angesteuert, die Korrekturwerte für eine Anfangsschätzung der Zieldaten bestimmt. Das Filter wird erfindungsgemäß durch zusätzliche Multiplikationsschaltungen zum Ermitteln der Koeffizienten für die dynamischen Zieldaten, d. h. die Geschwindigkeitskomponenten, verbessert. Derartige Filter werden bei der Lösung von Navigationsaufgaben, insbesondere der passiven Bestimmung von Positions- und Bewegungsdaten von Zielfahrzeugen angewendet.

DE 3446658 A1

Patentansprüche

1. Filter zur Bestimmung von Zieldaten aus aufgenommenen Meßwerten (BB_{Mi}), z. B. Peilungen, mit einem Zielvektorspeicher (10) für einen Eingangsvektor (β), der Zielpositionskoordinaten (X_0, Y_0) als Vektorkomponenten aufweist, mit einem Eingabespeicher (60), der Koordinaten jeweils eingenommener (X_{Ei}, Y_{Ei}) enthält, mit einem mit dem Zielvektorspeicher (10) und dem Eingabespeicher (60) verbundenen Koeffizientenrechner (50) zum Bestimmen einer jedem Meßwert (B_{Mi}) zugeordneten Folge von Meßkoeffizienten (h_{i1}, h_{i2}) und einer Meßwertschätzung (\hat{B}_{Mi}) aus den Eingangsvektor (β) und der zugehörigen Meßpositionen (X_{Ei}, Y_{Ei}), mit einer den Meßkoeffizientenausgängen des Koeffizientenrechners (50) nachgeschalteten Rechenvorrichtung (80) für Filterkoeffizienten (f_{i1}, f_{i2}), in der die Matrix (F) der Filterkoeffizienten (f_{i1}, f_{i2}) aus der Matrix (H) der Meßkoeffizienten (h_{i1}, h_{i2}) gemäß der Matrixgleichung:

$$F = (H' \times H)^{-1} \cdot H'$$

bestimmt wird, mit einer zum Bestimmen eines Ausgangsvektor (Δp) der Zieldaten ausgebildeten Akkumulationsschaltung (88), in der für jede Vektorkomponente des Ausgangsvektors (Δp) die mit den Filterkoeffizienten (f_{i1}, f_{i2}) gewichteten Differenzen (δ_{Mi}) zwischen dem Meßwert (B_{Mi}) und der jeweiligen Meßwertschätzung (\hat{B}_{Mi}) komponentenweise aufsummiert werden, und mit einer Vergleicherschaltung (90) für den Ausgangsvektor (Δp), die einerseits ein Einschreiben des um den Ausgangsvektor (Δp) korrigierten Eingangsvektors (β) in den Zielvektorspeicher (10) bewirkt und die andererseits bei Unterschreiten einer vorgebbaren Schwelle eine Ausgabe des korrigierten Eingangsverkehrs (β) oder bei Überschreiten der Schwelle eine Wiederholung der Bestimmung der Zieldaten auslöst, dadurch gekennzeichnet, daß der im Zielvektorspeicher (10) abgespeicherte Eingangsvektor (β) als weitere Vektorkomponente Geschwindigkeitskomponenten ($\hat{V}_x, \hat{V}_y, \hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$) aufweist, daß ein mit einem Meßzeitgeber, der Teil einer Steuervorrichtung (77) ist, verbundener Meßzeitspeicher (70) vorgesehen ist, daß für jede Geschwindigkeitskomponente ($\hat{V}_x, \hat{V}_y, \hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$) ein Multiplizierer (25.1, 25.2, 25.3, 25.3) vorgesehen ist, der eingangsseitig mit dem Zielvektorspeicher (10) und dem Meßzeitspeicher (70) verbunden ist, daß einem Zielpositionskoordinaten-Eingang (51.1, 52.1) des Koeffizientenrechners (50) jeweils ein Addierer (26.1, 26.2) vorgeschaltet ist, der eingangsseitig mit dem Multiplizierer (25.1, 25.2, 25.3, 25.4) und mit dem Zielvektorspeicher (10) zur Übernahme der Zielpositionskoordinaten (\hat{Y}_0, \hat{Y}_0) verbunden ist, daß an jedem Meßkoeffizientenausgang (56.1, 56.2) des Koeffizientenrechners (50) jeweils mindestens eine mit dem Meßzeitspeicher (70) verbundene Multiplizierstufe (39.3, 39.4, 39.5, 39.6) zum Bilden weiterer Meßkoeffizienten ($h_{i3}, h_{i4}, h_{i5}, h_{i6}$) angeschlossen ist und daß die Multiplizierstufen (39.3, 39.4, 39.5, 39.6) ausgangseitig mit der Rechenvorrichtung (80) verbunden sind.

2. Filter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Koeffizientenrechner (50) eine Abstandsrechenschaltung (40) aufweist, die mit Zielpositionskoordinaten (\hat{Y}_0, \hat{Y}_0) und Meßpositionskoordinaten (X_{Ei}, Y_{Ei}) ansteuerbar ist und Ausgänge (46.1, 46.2) für die Abstandskomponenten (\hat{R}_y, \hat{R}_x) und einen Abstandsquadratausgang (47) für die Summe der Quadrate der Abstandskomponenten (\hat{R}_y, \hat{R}_x) aufweist und daß der Koeffizientenrechner (50) derart ausgebildet ist, daß die Bestimmung der Meßkoeffizienten (h_{i1}, h_{i2}) gemäß

$$h_{i1} = -\frac{\hat{R}_{yi}}{\hat{R}_i^2}, h_{i2} = \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_i^2}$$

und die Bestimmung der Meßwertschätzung (\hat{B}_{Mi}) als Funktion der Abstandskomponenten, vorzugsweise gemäß

$$\hat{B}_{Mi} = \arctg \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_{yi}},$$

erfolgt.

3. Filter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechenvorrichtung (80) zusätzlich mit Stützkoeffizienten ($h_{s1}, h_{s2}, h_{s3}, h_{s4}$) einer Stützkoeffizientenschaltung (120) ansteuerbar ist, wobei die Matrix (F) der Filterkoeffizienten (f_{i1} bis f_{i4} , f_{s1} bis f_{s4}) aus der um die Stützkoeffizienten ($h_{s1}, h_{s2}, h_{s3}, h_{s4}$) erweiterten Matrix (H) der Meßkoeffizienten ($h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$) bestimmt wird, und daß der Akkumulationsschaltung (88) die Differenz (δ_{Mi}) aus den Meßwerten (B_{Mi}) und den Meßwertschätzungen (\hat{B}_{Mi}) sowie mindestens ein Differenzwert (δ_s) aus einer Stützwerteingabe (S) in einen Stützwertspeicher (67) und einer von der Stützkoeffizientenschaltung (120) bestimmten Stützwertschätzung (\hat{S}) in der gleichen Reihenfolge, in der die Rechenvorrichtung (80) mit dem Meßkoeffizienten ($h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$) und den Stützkoeffizienten ($h_{s1}, h_{s2}, h_{s3}, h_{s4}$) angesteuert worden ist, zugeführt werden.

4. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingabespeicher (60) zum Speichern mindestens eines Stützwertes (S), z. B. eines beobachteten Entfernungswertes (S_R), eines Geschwindigkeitswertes (S_V) und/oder eines Kurswertes (S_K), einer Bezugszeit (T_R) und von Beobachtungskordinaten (X_R, Y_R) ausgebildet ist und daß die Stützkoeffizientenschaltung (120) mit ihren Eingängen (121.1, 121.2, 122.1, 122.2) für Eingangsvektorkomponenten ($\hat{X}_0, \hat{Y}_0, \hat{V}_x, \hat{V}_y$) mit dem Zielvektorspeicher (10) und mit ihren Eingängen (123, 121.3, 122.3) für die Bezugszeit (T_R) und die Beobachtungskordinaten (X_R, Y_R) mit dem Eingabespeicher (60) verbunden ist.

5. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützkoeffizientenschaltung (120) einen Stützkoeffizientenrechner (150) aufweist, dessen Eingänge (151.1, 152.1) für Zielpositionskoordinaten in gleicher Weise wie der Koeffizientenrechner (50) über Multiplizerer (125.1, 125.2) und Addierer (126.1, 126.2) ansteuerbar sind, wobei der Multiplizerer (125.1, 125.2) über den Beobachtungszeiteingang (123) mit dem Eingabespeicher (60) verbunden ist, und dessen Eingänge (151.2, 152.2) für Meßpositionskoordinaten mit den Teilspeichern (63, 64) für Beobachtungspositionen des Eingabespeichers (60) verbunden sind, daß der Stützkoeffizientenrechner (150) Ausgänge (156.1, 156.2) für erste Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) und einen Ausgang (157) für die Stützwertschätzung (\hat{S}) aufweist, daß die Stützkoeffizientenschaltung (120) Multiplizierstufen (139.3, 139.4) aufweist, die eingangsseitig mit den Ausgängen (156.1, 156.2) für erste Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) und mit dem Beobachtungszeiteingang (123) verbunden sind, an denen ausgangssseitig weitere Stützkoeffizienten (h_{S3} , h_{S4}) anstehen, die zusammen mit den ersten Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) Ausgangssignale der Stützkoeffizientenschaltung (120) bilden. 5
6. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß den Ausgängen (156.1, 156.2) des Stützkoeffizientenrechners (150) zum Bewerten der ersten Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) und der Differenzschaltung (185) jeweils Gewichtsmultiplizierer (135.1, 135.2, 183) nachgeschaltet sind und daß die Gewichtsmultiplizierer (135.1, 135.2, 183) mit einem Gewichsfaktorspeicher (66) des Eingabespeichers (60) verbunden sind. 15
7. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützkoeffizientenschaltung (120) Multipliziereinheiten (124.1, 124.2, 124.3, 124.4, 139.1, 139.2) aufweist, die einerseits über einen Steuereingang (128) mit dem Eingabespeicher (60) und andererseits jeweils mit den Eingängen (121.1, 122.1) für Zielpositionskoordinaten (\hat{Y}_0 , \hat{Y}_0) sowie den Eingängen (121.3, 122.3) für Beobachtungskoodinaten (X_R , Y_R) bzw. den Ausgängen für erste Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) nachgeschaltet sind. 20
8. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützwerteingabe (S) eine Entfernungsstützung (S_R) ist, daß die Stützkoeffizientenrechner (150) die Abstandsrechenschaltung (40) aufweist, deren Abstandskomponentenausgänge (46.1, 46.2) mit den Ausgängen (156.2, 156.1) des Stützkoeffizientenrechners (150) für erste Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) und deren Abstandsquadratausgang (47) mit dem Ausgang (157) für die Stützwertschätzung (\hat{S}) verbunden ist, und daß im Steuerspeicher (68) eine Eins gespeichert ist. 25
9. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützwerteingabe (S) eine Geschwindigkeitsstützung (S_V) ist, daß der Stützkoeffizientenrechner (150) die Abstandsrechenschaltung (40) aufweist, deren Abstandskomponentenausgänge (46.1, 46.2) mit den Ausgängen (156.2, 156.1) des Stützkoeffizientenrechners für erste Stützkoeffizienten (h_{S1} , h_{S2}) und deren Abstandsquadratausgang (47) mit dem Ausgang (157) des Stützkoeffizientenrechners (150) für die Stützwertschätzung (\hat{S}) verbunden sind, und daß im Steuerspeicher (68) eine Null gespeichert ist. 30
10. Filter nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützwerteingabe (S) eine Kursstützung (S_K) ist, daß die Stützkoeffizientenschaltung (120) als Stützkoeffizientenrechner (150) dem Koeffizientenrechner (50) aufweist und daß im Steuerspeicher (68) eine Null gespeichert ist. 35
11. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Rechenvorrichtung (80) zum Bestimmen der Filterkoeffizienten (f) ein Feld- oder Matrixprozessor ist.
12. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuervorrichtung (77) zur Taktgenerierung und Synchronisation und der zugehörige Meßzeitgeber zum Erzeugen der Meßzeiten (T_{Mi}) vorgesehen sind. 40
13. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein mit der Peilvorrichtung (87) und der Steuervorrichtung (77) verbundener Manöverdetektor (76) und ein Manöverzeitspeicher (71) vorgesehen sind, in dem eine Anzahl (j) von Manöverzeiten (T_{A0} , T_{A1}) eines in aufeinanderfolgenden Zeitintervallen unterschiedliche Geschwindigkeitskomponenten (\hat{V}_x , \hat{V}_y , \hat{V}_{x1} , \hat{V}_{y1}) aufweisenden Ziels abgespeichert sind, daß zwischen dem Meßzeitspeicher (70) einerseits sowie den Multiplizierern (25.1 des 25.4) und den Multiplizierstufen (39.3 bis 39.6) andererseits eine Zeitvergleichsschaltung (79) eingeschaltet ist, die eingangsseitig mit dem Manöverzeitspeicher (71) verbunden ist und zeitintervallspezifische Zeitausgänge (79.0, 79.1) für aus Differenzen von Meß- und Manöverzeiten gebildete Zeitsignalwerte (T_{M0} , T_{M1}) aufweist, daß die Multiplizierer (25.1, 25.2 bzw. 25.3, 25.4) für Geschwindigkeitskomponenten (\hat{V}_x , \hat{V}_y bzw. \hat{V}_{x1} , \hat{V}_{y1}) des gleichen Zeitintervalls mit dem gleichen zeitintervallspezifischen Zeitausgang (79.0, 79.1) verbunden sind, und daß die jedem Meßkoeffizientenausgang des Koeffizientenrechners (50) entsprechend der Anzahl der Zeitintervalle nachgeschaltete Multiplizierstufen (39.3 bis 39.6) jeweils mit dem zugehörigen Zeitintervallspezifischen Zeitausgang (79.0, 79.1) verbunden sind. 45
14. Filter nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitvergleichsschaltung (79) derart ausgebildet ist, daß an dem zeitintervallspezifischen Zeitausgang (79.0, 79.1) als Zeitsignalwert (T_{M0} , T_{M1}) entweder ein Nullsignalwert ansteht, wenn die Meßzeit (T_{Mi}) kleiner oder gleich der Manöverzeit (T_{A0} , T_{A1}) der unteren Intervallgrenze ist, oder ein Differenzsignalwert zwischen Meßzeit (T_{Mi}) und Manöverzeit (T_{A0} , T_{A1}) der unteren Intervallgrenze ansteht, wenn die Meßzeit (T_{Mi}) größer als die untere und kleiner oder gleich der Manöverzeit (T_{A0} , T_{A1}) der oberen Intervallgrenze ist, oder ein Differenzsignalwert zwischen oberer und unterer Intervallgrenze ansteht, wenn die Meßzeit (T_{Mi}) größer als die Manöverzeit (T_{A1}) der oberen Intervallgrenze ist. 50
15. Filter nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Manöverzeitspeicher (71) über den Steuerbus (78) mit der Rechenvorrichtung (80) ist und daß die Rechenvorrichtung (80) derart ausgebildet ist, daß der Grad der Matrizen H und F proportional derjenigen Anzahl (j) von Manöverzeiten (T_{A1}) begrenzt ist, die bis zur jeweils aktuellen Meßzeit (T_{Mi}) detektiert worden ist. 55
16. Filter nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Manöverzeitspeicher (71) 60

einen mit dem Steuerbus (78) verbundenen Zähler (71.5) zum Bestimmen der Anzahl (j) detektierten Manöverzeiten (T_{AJ}) und vom Zähler (71.5) adressierbare Speicherplätze (71.0, 71.1) für die Manöverzeiten (T_{AJ}) aufweist.

17. Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß in der Vergleichseinrichtung (90) die Vektornorm $\|\Delta p\|$ des Ausgangsvektors (Δp)

$$\|\Delta p\| = \left[(\Delta \hat{x}_0 + \sum_j \Delta \hat{v}_{xj} \cdot T'_{Mij})^2 + (\Delta \hat{y}_0 + \sum_j \Delta \hat{v}_{yj} \cdot T'_{Mij})^2 \right]^{1/2}$$

mit der vorgebbaren Schwelle verglichen wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Filter zur Bestimmung von Zieldaten der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art.

Derartige Filter sind bei der Lösung von Navigationsaufgaben erforderlich, um aus mehrfach vorliegenden Meßwerten die Position eines zu vermessenden Objektes, beispielsweise einer Landmarke oder eines Zielfahrzeugs, zu bestimmen. Insbesondere Unterwasserfahrzeuge benutzen zur Positionsbestimmung von Zielfahrzeugen die passive akustische Peilung von Geräuschquellen, um den eigenen Standort durch aktive Sendesignale nicht zu verraten; sie sind deshalb in hohem Maße auf solche Filter angewiesen, mit denen aus passiven Peilungen Positionskoordinaten bestimmt werden können.

Es ist ein Filter, d. h. ein einer Meßvorrichtung nachzuschaltendes Signalverarbeitungssystem, bekannt, mit dem aus den stark streuenden Meßwerten Ausgangswerte ermittelt werden, die mit einer bekannten oder bestimmbar statischen Sicherheit Positionen der vermessenen Objekte sind. Durch das Filter wird dabei die Glättung streuender Meßwerte, z. B. Peilungen, und die Umsetzung der Meßwerte in Zustände des Objektes, z. B. Positionskoordinaten, geleistet. Diese Zustände werden auch als die Komponenten eines Zielvektors bezeichnet.

Zur Realisierung dieses Filters dient ein Signalverarbeitungssystem, bei dem eine Meßwerteinschränkung und die erforderlichen Filterkoeffizienten aus einem geschätzten Eingangsvektor, nämlich den Zielpositionskoordinaten, und der zugehörigen Meßposition ermittelt werden. Durch das Signalverarbeitungssystem, das einem Modell für die Umsetzung der Meßwerte in die Objektzustände entspricht, wird der Fehler zwischen dem Meßwert und der Meßwertschätzung minimiert, so daß als eigentlicher Filter-Eingangswert die Differenz zwischen Meßwert und Meßwertschätzung mit dem jeweiligen Filterkoeffizienten multipliziert wird. Die Summe aller Multiplikationsergebnisse ergibt den Wert der jeweiligen Komponente des Ausgangsvektors, in diesem Fall einen Fehlervektor der Positionskoordinaten, um den Eingangsvektor zu korrigieren. Der so bestimmte Ausgangsvektor wird komponentenweise einer Vergleichseinrichtung zugeführt. Weicht der Ausgangsvektor von einer vorgegebenen Schwelle ab, so wird der um den Ausgangsvektors korrigierte Eingangsvektor dem Signalverarbeitungssystem in der Art einer Iterationsschleife erneut zugeführt. Die mehrfach iterative Filterung der Meßwerte ergibt dann letztendlich die Zielzustände, also hier die Zielpositionskoordinaten, mit einer Fehlerabweichung, die komponentenweise kleiner als die vorgegebene Schwelle ist.

Ein solcher Filter ist jedoch für die Verarbeitung von Zielzuständen ungeeignet, die sich für bewegte Ziele ergeben. Die weiteren Zieldaten, Kurs und Geschwindigkeit, werden in keiner Form berücksichtigt. Das Filter versagt sogar bereits nach wenigen Iterationen auch bei der Bestimmung der Zielpositionskoordinaten, da der Fehlervektor nicht mehr konvergiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Filter der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß es mit geringem Schaltungsaufwand die Zieldaten auch von bewegten Zielen mit möglichst wenigen Iterationen bestimmt.

Diese Aufgabe wird bei einem Filter der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Art erfindungsgemäß durch die im Kennzeichenteil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Dazu ist bei dem erfindungsgemäßen Filter der Zielvektorspeicher erweitert, um auch die die Bewegung des Ziels nach Geschwindigkeit und Kurs beschreibenden Geschwindigkeitskomponenten aufzunehmen. Aus den Zielpositionskoordinaten zu Beginn der Messung, auch als statische Zielpositionskoordinaten bezeichnet, den Geschwindigkeitskomponenten und der jeweiligen Meßzeit werden mittels Multiplizierer und Addierer sog. dynamische Zielpositionskoordinaten gebildet, mit denen der Koeffizientenrechner angesteuert wird. Aus den vom Koeffizientenrechner ermittelten ersten Meßkoeffizienten, dem sog. statischen Teil der Meßkoeffizienten, werden in den nachgeschalteten Multiplizierstufen durch erneute Multiplikation mit der Meßzeit nunmehr weitere Meßkoeffizienten, der sog. dynamische Teil der Meßkoeffizienten, gebildet. In einer Rechenvorrichtung für Matrixoperationen erfolgt die Umwandlung der Meßkoeffizienten in die erforderlichen Filterkoeffizienten, mit denen dann in komponentenweise gleichartiger Verarbeitung die Zieldaten bestimmt werden.

Das erfindungsgemäße Filter hat den Vorteil, daß zum Bestimmen des dynamischen Teils der Meßkoeffizienten die gleichen Schaltungen, Rechenvorrichtungen, wie für die statischen Meßkoeffizienten benutzt werden. Es sind nur wenige zusätzliche Multiplizierer, Multiplikationsstufen notwendig, um die Zeitabhängigkeit der dynamischen Koeffizienten zu erfassen. Für die nachgeschaltete Rechenvorrichtung, die Akkumulationsschaltung, den Vergleich usw. werden entsprechend der Anzahl der berücksichtigten Vektorkomponenten jedoch Vervielfachungen der internen Verarbeitungsschaltung notwendig. Bei geringen Anforderungen an die Verarbeitungszeit sind daher auch im Multiplex genutzte Verarbeitungsschaltungen, d. h. "Komponenten-Filter", realisierbar.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

So ist es insbesondere vorteilhaft, die Erfindung gemäß dem Anspruch 3 weiterzubilden, da durch die Ermittlung von zusätzlichen Stützkoeffizienten mit einer Stützkoeffizientenschaltung, die im wesentlichen der Meßkoeffizientenschaltung zum Bestimmen der Meßkoeffizienten entspricht, dem Filter Stützwerte eingegeben werden können, die durch Beobachtung oder andere Meßverfahren ermittelt worden sind. Die Stützkoeffizienten und die zugehörige Stützwertschätzung werden aus den Vektorkomponenten des Eingangsvektors und erforderlichenfalls zusätzlichen Stützwerteingaben bestimmt. Die Meßkoeffizientenmatrix H wird zusätzlich mit den Stützkoeffizienten erweitert und infolgedessen wird auch eine zur Ansteuerung der Akkumulatorschaltung erweiterte Filter-Koeffizientenmatrix F gebildet. Die Folge davon ist, daß die Filterung der Meßwerte einschließlich der zusätzlich in der Akkumulationsschaltung verarbeiteten Differenzwerte schneller, d. h. mit einer wesentlich geringeren Zahl von iterierenden Systemdurchläufen, zum genauen Zieldatenvektor führt.

Es ist weiterhin vorteilhaft gemäß Anspruch 6 die Differenzwerte und die Stützwertkoeffizienten mit einem Gewichtungsfaktor zu bewerten. Gute Stützwerteingaben, z. B. Radarmessungen, werden mit großem Gewicht berücksichtigt, so daß ein schnelles Einschwingen des Filters auf die wahren Werte des Zieldatenvektors erfolgt. Weniger gute Stützwerte, z. B. ungenauere Sehrohrbeobachtungen, werden mit geringerem Gewicht berücksichtigt und verändern dann das Einschwingverhalten kaum. Auf diese Weise ist das Filter der jeweiligen Meß- und Beobachtungssituation optimal anpaßbar.

Derartige Filter zur Bestimmung von Zieldaten durch Filterung passiver Peilungsmessungen konvergieren erst dann zu einem stabilen Ergebnis, wenn das messende Fahrzeug selbst ein Manöver, das sog. Eigenmanöver, gefahren hat. Hierbei ist die Berücksichtigung von Stützwerten zum Bestimmen der erweiterten Filterkoeffizientenmatrix F besonders vorteilhaft, da das Eigenmanöver vermieden werden kann, wenn sehr gute Messungen der Stützwerte mit hoher Gewichtung ausgewertet werden.

Der erfindungsgemäße Aufbau des Filters weist darüber hinaus den Vorteil auf, daß die Berücksichtigung von Stützwerten für jede Iteration unterschiedlich gesteuert werden kann, da in jeder Iteration die Filterkoeffizientenmatrix neu berechnet wird.

Die Erfindung ist anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels im folgenden näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Bestimmung von Zieldaten,

Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Koeffizientenschaltung,

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Abstandsrechenschaltung,

Fig. 4 ein Blockschaltbild einer Stützkoeffizientenschaltung,

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Bestimmung der Zieldaten eines Manöver fahrenden Ziels,

Fig. 6 ein Blockschaltbild einer Koeffizientenschaltung zur Meßkoeffizientenbestimmung bei einem Manöver fahrenden Ziel,

Fig. 7 eine Darstellung einer Zielbahn eines Manöver fahrenden Ziels.

Fig. 1 zeigt das Blockschaltbild einer Vorrichtung mit einem Filter zum Bestimmen von Zieldaten aus Meßwerten B_{Mi} . Die Vektorkomponenten X_0, Y_0, V_x, V_y dieser Zieldaten sind als Eingangsvektor β in einem Zieldetektorspeicher 10 mit Speicherelementen 11, 12 für Zielpositionskoordinaten X_0, Y_0 und Speicherelementen 13, 14 für Geschwindigkeitskomponenten V_x, V_y abgelegt. Dem Zielvektorspeicher 10 ist eine Koeffizientenschaltung 20 nachgeschaltet, an die eingangsseitig ein Eingabespeicher 60 mit seinen Teilspeichern 61, 62 für Meßpositionen X_E, Y_E und ein Meßzeitspeicher 70 angeschlossen sind. Die Koeffizientenschaltung 20 ist zur Übergabe von Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ mit einer Rechenvorrichtung 80 und zur Übergabe einer Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} mit einer Differenzeinheit 85 verbunden. Die Differenzeinheit 85 ist eingangsseitig auch an einen Meßwertspeicher 86 angeschlossen, in dem die von einer Peilvorrichtung 87 zu den Meßzeiten T_{Mi} aufgenommenen Peilungen als Meßwerte B_{Mi} abgespeichert sind.

Die Rechenvorrichtung 80 ist derart ausgebildet, daß die vollständige Matrix H der Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ gespeichert und in eine Matrix F der Filterkoeffizienten $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, f_{i4}$ umgerechnet wird, mit denen eine Akkumulationsschaltung 88 ansteuerbar ist.

Die Akkumulationsschaltung 88 ist außerdem eingangsseitig mit der Differenzeinheit 85 verbunden, so daß jeder Filterkoeffizient $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, f_{i4}$ mit der zugehörigen Differenz δ_{Mi} aus dem Meßwert B_{Mi} und der Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} multipliziert und aufsummiert wird und einen Ausgangsvektor Δp der Akkumulationsschaltung 88 bildet. Ausgangsseitig ist die Akkumulationsschaltung 88 mit einer Vergleichsschaltung 90 und über eine an dem Zielvektorspeicher 10 angeschlossene Additionsstufe 94 mit einer Torschaltung 95 verbunden, über die der Zielvektorspeicher 10 mit dem um den Ausgangsvektor Δp der Akkumulationsschaltung 88 korrigierten Eingangsvektor β ansteuerbar ist. Die Vergleichsschaltung 90 ist ausgangsseitig an die Torschaltung 95 und an ein Ausgabe-Interface 96 zum Ausgeben des Eingangsvektors β , d. h. der Zieldaten, angeschlossen. Die Zusammenschaltung des Zielvektorspeichers 10 und des Ausgabe-Interface 96 erfolgt über eine Verbindungsleitung 97, auf die auch die Additionsstufe 94 zugreift.

Der Zielvektorspeicher 10 ist jedoch nicht nur über die Torschaltung 95 mit dem um den Ausgangsvektor Δp korrigierten Eingangsvektor β , sondern auch von einem Basisdatenspeicher 15 für Vektorkomponenten X_0, Y_0, V_x, V_y ansteuerbar.

Bei der Bestimmung der Zieldaten wird von Zielen ausgegangen, die sich abschnittsweise gleichförmig bewegen. Das Ziel fährt also unbeschleunigt, d. h. mit konstanter Geschwindigkeit, auf konstantem Kurs. Diese konstante Geschwindigkeit und der Kurs werden durch das Filter ermittelt, d. h., die von der Geschwindigkeit und der Zeit abhängigen Filterkoeffizienten $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, f_{i4}$ werden bestimmt und die Peilungen so gefiltert, daß außer den Zielpositionskoordinaten X_0, Y_0 auch die Geschwindigkeitskomponenten V_x, V_y ausgegeben werden, aus denen sich aktuelle Schätzwerte für Entfernung, Kurs und Geschwindigkeit des Ziels ergeben.

Das Filter weist dazu einen Zielvektorspeicher 10 für die Zieldaten auf, in dem zusätzlich zu den statischen

Zielpositionskoordinaten X_0, Y_0 auch die Geschwindigkeitskomponenten V_x, V_y abgelegt sind. Da bei passiven Ortungsvorrichtungen für fremde Ziele nie die wirklichen sondern nur sog. geschätzte Zieldaten als Zielvektor β verfügbar sind, sind die Komponenten durch ein zusätzliches dachförmiges Zeichen (\sim) kenntlich gemacht. Die dabei auftretenden Fehler $\Delta X, \Delta Y, \Delta V_x, \Delta V_y$ geben dann die Unterschiede zwischen den geschätzten und den wirklichen Zieldaten an.

Das Filter ist dasjenige Übertragungssystem, mit dem aus einer Vielzahl $i=1$ bis N gemessener Peilungen B_{Mi} der Vektor β der Zieldaten X_0, Y_0, V_x, V_y

$$\beta = (X_0, Y_0, V_x, V_y)$$

ermittelt wird.

Aus den statischen Zielpositionskoordinaten X_0, Y_0 , den Geschwindigkeitskomponenten V_x, V_y und allen gespeicherten Meßzeiten T_{Mi} zu denen die Peilungen B_{Mi} gemessen worden sind, werden nacheinander komponentenweise durch Multiplizierer 25.1, 25.2 und Addierer 26.1, 26.2 dynamische Zielpositionskoordinaten $X_i = X_0 + V_x \cdot T_{Mi}$ und $Y_i = Y_0 + V_y \cdot T_{Mi}$ erzeugt und einem Koeffizientenrechner 50 zugeführt. Der Koeffizientenrechner 50 bestimmt auf der Grundlage der Meßgeometrie für jeweils eine Zielposition X_i, Y_i unter Berücksichtigung der dazugehörigen, gespeicherten Meßposition X_{Ei}, Y_{Ei} eine sog. Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} d. h. die Schätzung einer Peilung von der Meßposition X_{Ei}, Y_{Ei} zur geschätzten dynamischen Zielposition X_i, Y_i .

Der Koeffizientenrechner 50 bildet ein Filtersystem nach, bei dem aus einer einzigen statischen Zielposition X_0, Y_0 und der zugehörigen Meßposition X_{Ei}, Y_{Ei} die geschätzten Peilungen \hat{B}_{Mi} und erste Meßkoeffizienten h_{i1} und h_{i2} bestimmt werden.

Wird das auf die vorgenannte Weise für statische Zustände realisierte Meßmodell auf die dynamischen Zielpositionskoordinaten X_i, Y_i angewendet, so ergibt sich die aus den geschätzten Zielzuständen einschließlich der Geschwindigkeitskomponenten ermittelte, geschätzte Peilung \hat{B}_{Mi} zu

$$\hat{B}_{Mi} = \arctg \frac{X_0 + V_x \cdot T_{Mi} - X_{Ei}}{Y_0 + V_y \cdot T_{Mi} - Y_{Ei}} \quad (1)$$

oder mit den Abkürzungen für die Abstandskomponenten \hat{R}_{xi} und \hat{R}_{yi}

$$\hat{B}_{Mi} = \arctg \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_{yi}} \quad (2)$$

mit

$$\hat{R}_{yi} = X_0 + V_x \cdot T_{Mi} - X_{Ei} \quad (3.1)$$

$$\hat{R}_{xi} = Y_0 + V_y \cdot T_{Mi} - Y_{Ei} \quad (3.2)$$

$$\hat{R}_i^2 = \hat{R}_{xi}^2 + \hat{R}_{yi}^2 \quad (3.3)$$

wobei \hat{R}_i^2 das Abstandsquadrat zwischen der Zielposition X_i, Y_i und der Meßposition X_{Ei}, Y_{Ei} und der Meßposition X_{Ei}, Y_{Ei} darstellt.

Mit dem vom Koeffizientenrechner 50 aufgrund der dynamischen Zielposition X_i, Y_i ermittelten ersten Maßkoeffizienten h_{i1} und h_{i2} stehen bereits die ersten Elemente einer Meßkoeffizientenfolge fest, deren Elementenzahl von der Komponentenanzahl des Zielverstärkers β abhängt. Weitere zur Bestimmung des vollständigen Zielvektors β notwendige Meßkoeffizienten h_{i3} und h_{i4} werden zusätzlich durch Multiplikation der ersten Meßkoeffizienten h_{i1} und h_{i2} mit der Meßzeit T_{Mi} ermittelt.

Zum Nachweis dieser Zusammenhänge wird in einer der Gl. (1) entsprechenden Beziehung für die gemessene Peilung B_{Mi} der wirkliche Zielzustandsvektor durch den geschätzten Zielzustandsvektor β und einen Fehlervektor Δp

$$\Delta p = (\Delta X_0, \Delta Y_0, \Delta V_x, \Delta V_y) \quad (4)$$

ersetzt. Aus der Taylor-Reihenentwicklung dieser Beziehung nach dem Fehlervektor Δp ergibt sich durch Weglassen der Glieder höherer Ordnung ein linearisiertes Meßmodell für die dynamischen Zielzustände zu

$$B_{Mi} = \hat{B}_{Mi} - \frac{\hat{R}_{yi}}{\hat{R}_i^2} \Delta X_0 + \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_i^2} \Delta Y_0 - \frac{\hat{R}_{yi}}{\hat{R}_i^2} \cdot T_{Mi} \cdot \Delta V_x + \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_i^2} \cdot T_{Mi} \cdot \Delta V_y \quad (5)$$

mit den Meßkoeffizienten

$$h_{i1} = -\frac{\hat{R}_{yi}}{\hat{R}_i^2}, h_{i2} = \frac{\hat{R}_{xi}}{\hat{R}_i^2}, h_{i3} = h_{i1} \cdot T_{Mi} \text{ und } h_{i4} = h_{i2} \cdot T_{Mi}.$$

Faßt man die Meßkoeffizienten h_{i1}, \dots, h_{i4} in einer Matrix H und die Differenzen zwischen Meßwert B_{Mi} und Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} in dem Vektor δ zusammen, so gibt die Meßgleichung

$$\delta = H \cdot \Delta p \quad (6)$$

die Abhängigkeit der Peilungsdifferenz $\delta_{Mi} = B_{Mi} - \hat{B}_{Mi}$ vom Fehlervektor Δp und der Meßkoeffizientenmatrix H an. Das zu realisierende Signalverarbeitungssystem ergibt für den Fehlervektor Δp dann einen Wert minimaler Varianz, wenn aus dem Differenzenvektor δ und einer Filterkoeffizientenmatrix F durch das Signalverarbeitungssystem als Ausgangsvektor der Fehlervektor Δp zu

$$\Delta p = F \cdot \delta \quad (7)$$

bestimmt wird und wenn für die Filterkoeffizientenmatrix F

$$F = (H' \cdot H)^{-1} \cdot H' \quad (8)$$

gilt, wobei H' die Transponierte der Meßkoeffizientenmatrix H ist.

Die Gesamtheit aller Messungen kann somit durch das Matrix-Gleichungssystem, der sog. Meßgleichung, gemäß Gl. (6) ausgewertet werden. Das zu realisierende Signalverarbeitungssystem ergibt für den Ausgangsvektor Δp dann eine optimale Schätzung, wenn er gemäß Gl. (7) und Gl. (8) aus dem Vektor δ der Differenzen von Meßwerten B_{Mi} und Meßwertschätzungen \hat{B}_{Mi} bestimmt wird, wobei die Matrix F die Filterkoeffizientenmatrix darstellt.

Diese Filterkoeffizientenmatrix F gemäß Gl. (8) wird in der Rechenvorrichtung 80 bestimmt, der die Gesamtheit der Meßkoeffizientenfolgen, die Meßkoeffizientenmatrix H , zugeführt wird.

Die Rechenvorrichtung 80 ist dann mit der Akkumulationsschaltung 88 zusammengeschaltet, in der komponentenweise die Differenzen δ_{Mi} zwischen dem Meßwert B_{Mi} und der Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} mit der Filterkoeffizientenmatrix F multipliziert und jeweils über alle Produkte aufsummiert werden, so daß an der Akkumulationsschaltung 88 ausgangsseitig der Ausgangsvektor Δp für die Zieldaten ansteht.

Der Ausgangsvektor Δp wird komponentenweise einer mit dem Meßzeiteinspeicher 70 verbundenen Vergleichsschaltung 90 zugeführt, in der aus den statistischen und dynamischen Komponenten eine Vektornorm des Ausgangsvektors Δp gebildet und mit einer Schwelle verglichen wird. Ergibt der Vergleich eine unzulässige Abweichung, so wird ein um den Ausgangsvektor Δp korrigierter Eingangsvektor β in den Zielvektorspeicher 10 übertragen, und durch das Signalverarbeitungssystem werden mit den gespeicherten Meßwerten B_{Mi} und Beobachtungszeiten T_{Mi} in Iterationen verbesserte Ausgangsvektoren Δp bestimmt, bis die Vergleichsbedingungen erfüllt sind.

Der in der Vorrichtung gemäß Fig. 1 vorgesehene Eingabespeicher 60 weist ferner Teilspeicher 63, 64 für Beobachtungskoodinaten X_R, Y_R einer zusätzlichen Meßposition, einen Bezugszeitspeicher 65, einen Gewichts-faktorspeicher 66, einen Stützwertspeicher 67 und einen Speicherspeicher 68 auf. Zur Ansteuerung der einzelnen Speichereinheiten ist der Eingabespeicher 60 mit einem Eingabe-Interface 69 verbunden, an das eingangsseitig eine Positionsmeßeinrichtung 72, eine Geschwindigkeitsmeßeinrichtung 73, eine Kompaßeinheit 74 und ein Datensichtgerät 75 angeschlossen sind.

Die Vorrichtung zum Bestimmen von Zieldaten wird durch eine Stützkoeffizientenschaltung 120 zum Ermitteln von Stützkoeffizienten h_{S1}, h_{S3}, h_{S4} vervollständigt, die eingangsseitig mit den Speicherelementen 11 bis 14 des Zielvektorspeichers 10, mit den Teilspeichern 63, 64 für Beobachtungskoodinaten X_R, Y_R mit dem Zeitspeicher 65, dem Gewichtungsfaktorspeicher 66 und dem Speicherspeicher 68 verbunden ist. Ausgangsseitig ist die Stützkoeffizientenschaltung 120 zur Übergabe der Stützkoeffizienten h_{S1}, h_{S3}, h_{S4} mit der Rechenvorrichtung 80 zusammengeschaltet. Die Stützkoeffizientenschaltung 120 ermittelt darüber hinaus eine Stützwertschätzung \hat{S} , die in einer der Stützkoeffizientenschaltung 120 und dem Stützwertspeicher 67 nachgeschalteten Differenzschaltung 185 in Verbindung mit der Stützwerteingabe S einen Differenzwert δ_S ergibt. Die Differenzschaltung 185 und die Differenzeinheit 85 sind über einen vom Steuerbus 78 ansteuerbaren Schalter 181 wechselweise mit der Akkumulationsschaltung 88 verbindbar, so daß entweder die Differenzen δ_{Mi} aus Meßwerten B_{Mi} und Meßwertschätzungen \hat{B}_{Mi} oder die Differenzwerte δ_S aus Stützwertschätzung \hat{S} und Stützwerteingabe S in der Akkumulationsschaltung 88 mittels der Filterkoeffizientenmatrix F gefiltert werden und so der Ausgangsvektor Δp bestimmt wird.

In einer zentralen Steuervorrichtung 77 werden die erforderlichen Taktsignale insbesondere zum Ein- und Auslesen der Speicher 10, 60, 70, der Koeffizientenschaltungen 20, 120, der Rechenvorrichtung 80 und der Interfaces 69, 96 generiert und über den Steuerbus 78 übertragen.

Fig. 2 zeigt im Detail die Koeffizientenschaltung 20 mit Eingängen 21.1, 22.1 für Zielpositionskoordinaten X_0, Y_0 , Eingängen 21.2, 22.2 für Geschwindigkeitskomponenten V_x, V_y , Eingängen 21.3, 22.3 für Meßpositionskoordinaten X_E, Y_E und einen Meßzeiteingang 23 sowie mit Meßkoeffizientenausgängen 36.1 bis 35.4 für die Meßkoeffizienten h_{i1} bis h_{i4} und mit einem Ausgang 37 für die Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} . Die Koeffizientenschaltung 20 weist Multiplizierer 25.1 und 25.2 auf, die jeweils eingangsseitig mit dem Eingang 21.2 bzw. 22.2 und beide mit dem Meßzeiteingang 23 verbunden sind und denen ausgangsseitig jeweils ein Addierer 26.1 bzw. 26.2 nachgeschaltet ist, der eingangsseitig außerdem an dem Eingang 21.1 bzw. 22.1 angeschlossen ist. Den Addierern 26.1, 26.2 ist ausgangsseitig ein Koeffizientenrechner 50 mit Zielpositionskoordinaten-Eingängen 51.1, 52.1 nachgeschaltet, der eingangsseitig ferner mit den Eingängen 21.3 bzw. 22.3 der Koeffizientenschaltung 20 verbunden ist. Der Koeffizientenrechner 50 ist ausgangsseitig mit dem Ausgang 37 für die Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} sowie einerseits unmittelbar mit den Meßkoeffizientenausgängen 36.1 bzw. 36.2 und andererseits über

Multiplizierstufen 39.3 und 39.4 mit den Meßkoeffizientenausgängen 36.3 und 36.4 zusammengeschaltet.

Für die Berechnung der Meßkoeffizienten h_{11} und h_{12} und der Meßwertschaltung \hat{B}_{Mi} weist der Koeffizientenrechner 50 eine Abstandsrechenschaltung 40 auf, die an die Addierstufen 26.1 und 26.2 sowie an die Eingänge 21.3 und 22.3 der Koeffizientenschaltung 20, an denen Meßpositionskoordinaten X_{Ei} , Y_{Ei} anstehen, angeschlossen ist. Außerdem sind in dem Koeffizientenrechner 50 Dividierschaltungen 54.1 bis 54.3 vorgesehen, die der Abstandsrechenschaltung 40 mit ihren Ausgängen für Abstandskomponenten 46.1 und 46.2 und einem Abstandsquadratausgang 42 in der Weise nachgeschaltet sind, daß an den Dividierschaltungen 54.1 bzw. 54.2 jeweils der Quotient aus Abstandskomponente R_{xi} bzw. R_{yi} und Abstandskadrat R^2_i und an der Dividierschaltung 54.3 der Quotient aus beiden Abstandskomponenten R_{xi} und R_{yi} anstehen. Der Dividierschaltung 54.3 ist ein Arcus Tangens-Rechner 55 nachgeschaltet, der aus dem Quotienten der Dividierschaltung 54.3 die Meßwertschätzung \hat{B}_{Mi} bildet. Die Ausgangssignale der Arcus Tangens-Schaltung 55 sowie der Dividierschaltungen 54.1 und 54.2 sind identisch mit den Ausgangssignalen \hat{B}_{Mi} , h_{11} , h_{12} des Koeffizientenrechners 50.

Die in Fig. 3 dargestellte Abstandsrechenschaltung 40 weist für jede Komponente der Eingangsdaten Subtraktionsschaltungen 43.1 und 43.2 auf, in denen komponentenweise von den Zielpositionskoordinaten X_i , Y_i die Meßpositionskoordinaten X_{Ei} , Y_{Ei} subtrahiert werden. Ausgangsseitig sind die Subtraktionsschaltungen 43.1 und 43.2 einerseits mit den Komponentenausgängen 46.1 und 46.2 und andererseits mit Quadrierern 44.1 und 44.2 verbunden, die ihrerseits an eine Summierschaltung 45 angeschlossen sind. Die Summierschaltung 45, an der ausgangsseitig das Abstandskadrat zwischen dynamischer Zielposition X_i , Y_i und Meßpositionen X_{Ei} , Y_{Ei} ansteht, ist mit dem Abstandsquadratausgang 47 der Abstandsrechenschaltung 40 verbunden.

Die in Fig. 4 dargestellte Stützkoeffizientenschaltung 120 ergibt sich durch schaltungstechnische Erweiterung aus der Koeffizientenschaltung 20, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Die Stützkoeffizientenschaltung 120 weist daher zusätzlich zu einem dem Koeffizientenrechner 50 vergleichbare Stützkoeffizientenrechner 150 die den Eingängen 121.1, 121.3 und den Eingängen 122.1, 122.3 nachgeschaltete Multiplikationsschaltungen 124.1, 124.2 bzw. 124.3, 124.4 auf, die über einen Steuereingang 128 mit dem Speichereingang 68 verbunden sind. Dem Stützkoeffizientenrechner 150, der zum einen mit dem Ausgang 137 der Stützkoeffizientenschaltung 120 verbunden ist, sind ferner Gewichtsmultiplizierer 135.1, 135.2 nachgeschaltet, die ausgangsseitig mit jeweils zwei Multiplizierstufen 139.1, 139.3 bzw. 139.2, 139.4 paarweise verbunden sind. Dabei sind die den Stützkoeffizientenausgängen 136.1 und 136.2 vorgeschalteten Multiplizierstufen 139.1, 139.2 eingangsseitig außerdem an den Steuereingang 128 der Stützkoeffizientenschaltung 120 angeschlossen, wohingegen die den Ausgängen 136.3 und 136.4 vorgeschalteten Multiplizierstufen 139.3, 139.4 zusätzlich mit dem Beobachtungszeiteingang 123 der Stützkoeffizientenschaltung 120 verbunden sind.

Der Stützkoeffizientenrechner 150 weist die Abstandsrechenschaltung 40 auf, deren Abstandsquadratausgang 47 mit dem Ausgang 157 der Stützwertschätzung \hat{S} verbunden ist. Den Ausgängen 46.1 und 46.2 für die Abstandskomponenten sind zur Verdopplung die Summationsschaltungen 153.2 und 153.1 mit ihren zusammengeschalteten Eingängen nachgeschaltet, wobei bei der Verarbeitung einer Entfernungsstützung S_R die negierenden und zur Verarbeitung einer Geschwindigkeitsstützung S_V die direkten Eingänge der Summationsschaltungen 153.1 und 153.2 angesteuert werden. Die Ausgänge der Summationsschaltungen 153.1, 153.2 bilden die Ausgänge 156.1, 156.2 für erstere Stützkoeffizienten des Stützkoeffizientenrechners 150.

Das Zusammenwirken der in Fig. 1 bis Fig. 4 dargestellten Baugruppen unter der Kontrolle der zentralen Steuervorrichtung 77 und damit die Funktion des Filters ist in der nachfolgenden Funktionsbeschreibung angegeben.

Das Filter ist ein Digitalfilter, dessen gesamte Signalverarbeitung durch die zentrale Steuervorrichtung 77 taktgesteuert abläuft. Die Generierung der Takte im einzelnen ergibt sich aus den nachstehend angegebenen Abhängigkeiten der Datenverarbeitungsschaltungen und ist mit bekannten logischen Schaltungen leicht zu realisieren. Darüber hinaus enthält die zentrale Steuervorrichtung 77 einen Meßzeitgeber, um Meßzeiten T_{Mi} an den Meßzeitspeicher 70 und den Beobachtungszeitspeicher 65 auszugeben.

Als Peilvorrichtung 87 sei beispielsweise eine Sonaranlage von "hinreichender Intelligenz" vorgesehen, d. h. eine solche Sonaranlage, die zur automatischen Zielverfolgung detektierter Zeile eingerichtet ist. Diese Peilvorrichtung 87, die in jedem Zeitaugenblick über Meßwerte des verfolgten Zieles verfügt, wird durch geeignete Abtastimpulse der Steuervorrichtung 77 abgefragt und die als Meßwerte B_{Mi} ermittelten Peilungen werden in den Meßwertspeicher 86 eingeschrieben. Gleichzeitig wird die in der Steuervorrichtung 77 generierte zugehörige Meßzeit T_{Mi} in dem Meßzeitspeicher 70 gespeichert. Mit der Abfrage der Peilvorrichtung 87 wird auch die Abfrage der Positionsmeßeinrichtung 72 über das Eingabe-Interface 69 ausgelöst und die jeweils zugehörigen Meßpositionskoordinaten X_{Ei} , Y_{Ei} in die Teilspeicher 61 und 62 des Eingabespeichers 60 übertragen. In dieser Weise werden durch die Steuervorrichtung 77 i -Messungen ($i = 1, 2, \dots, N$) ausgelöst, so daß als zusammengehörige, zusätzlich durch den Index i gekennzeichnete Werte die Peilungen B_{Mi} , die Meßzeiten T_{Mi} und Meßpositionskoordinaten X_{Ei} , Y_{Ei} gespeichert sind.

Gleichzeitig mit dem Speichern beispielsweise des zweiten Meßwertgebers B_{M2} wird die nachfolgende Signalverarbeitung durch die Steuervorrichtung 77 aktiviert. Dazu werden aus dem Basisdatenspeicher 15 zunächst Anfangswerte der Komponenten X_0 , Y_0 , V_x , V_y des Zielvektors in die Elemente 11 bis 14 des Zielvektorspeichers 10 eingelesen. Diese Anfangswerte sind willkürlich und z. B. für die Zielpositionskomponenten X_0 , Y_0 aufgrund der Aufbaubreite der Sonaranlage 87 und für die Geschwindigkeitskomponente V_x , V_y aufgrund der Peilungsdifferenz $B_{M1} - B_{M2}$ oder bekannter Durchschnittsgeschwindigkeiten von Schiffen fest vorgegeben.

Obwohl in Fig. 1 nicht näher dargestellt, könnte eine Modifizierung des Basispeichers 15 über das Eingabe-Interface 69 und das Datensichtgerät 75 ebenso einfach realisiert werden, mit der dann interaktiv vom Datensichtgerät 75 her Anfangswerte in den Basispeicher 15 eingeschrieben werden und somit eine Filterung der Meßwerte B_{Mi} zum Bestimmen der Zieldaten X_0 , Y_0 , V_x , V_y durchgeführt werden, die von veränderbaren ggf. genaueren Anfangswerten ausgeht.

Die Übernahme von Anfangswerten erfolgt jeweils nur zu Beginn eines Meßzyklus, nämlich dann, wenn im Zielvektorspeicher 10 keine Werte der Komponenten X_0 , Y_0 , V_x , V_y vorliegen, die genauer als die Anfangswerte des Basisspeichers 15 sind.

Der im Zielvektorspeicher 10 abgelegte Eingangsvektor $\beta = (X_0, Y_0, V_x, V_y)'$ enthält zusätzlich zu den statischen Zielpositionskoordinaten X_0 , Y_0 die Geschwindigkeitskomponenten V_x , V_y , aus denen unter Berücksichtigung der Meßzeiten T_{Mi} und der Meßpositionen X_{Ei} , Y_{Ei} die Koeffizientenschaltung 20 die Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ ermittelt. Dazu sind in der Koeffizientenschaltung 20 die Multiplizierer 25.1 und 25.2 sowie die Addierer 26.1 und 26.2 vorgesehen, auf denen aus dem Eingangsvektor β und den Meßzeiten T_{Mi} dynamische Zielpositionskoordinaten gebildet werden. In der Abstandsrechenschaltung 40 des Koeffizientenrechners 50 werden dann aus den dynamischen Zielpositionskoordinaten unter Berücksichtigung der Meßpositionskoordinaten X_{Ei} und Y_{Ei} die Abstandskomponenten R_{Xi} und R_{Yi} gemäß Gl. (3.1) und (3.2) und das Abstandsquadrat R^2_i gemäß Gl. (3.3) ermittelt. Aus den Ausgangssignalen der Abstandsrechenschaltung 40 werden durch die Dividierschaltungen 54.1 bis 54.3 und die Arcus Tangens-Rechner 55 die ersten Meßkoeffizienten h_{i1} , h_{i2} und die Meßwertschätzung B_{Mi} bestimmt. Mit den Multiplikationsstufen 39.3 und 39.4 werden dann durch erneute Multiplikation mit der Meßzeit T_{Mi} aus den ersten Meßkoeffizienten h_{i1} , h_{i2} die weiteren Meßkoeffizienten h_{i3} und h_{i4} ermittelt. An der Koeffizientenschaltung 20 steht somit ausgangsseitig eine Folge von vier Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ an, die über den Index i dem entsprechenden Meßwert B_{Mi} zugeordnet ist.

Bei der Komplexität des Filters können die Filterkoeffizienten $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, f_{i4}$ nicht direkt und im wesentlichen unmittelbar anhand desjenigen Modells gemäß Gl. (7) bestimmt werden, das den Eingangsvektor β bzw. den Fehlervektor Δp als Funktion von Filterkoeffizientenmatrix F und Meßwerten B_{Mi} berechnet, sondern es ist erforderlich, zunächst die Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ des Meßmodells zu bestimmen und dann die vollständige Meßkoeffizientenmatrix H in die Filterkoeffizientenmatrix F umzurechnen. Dazu ist die Rechenvorrichtung 80 vorgesehen, in der die nacheinander bestimmten Folgen der Meßkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ gespeichert werden. Durch die Steuervorrichtung 77 wird dann die Umrechnung der Meßkoeffizientenmatrix H in die Filterkoeffizientenmatrix F gemäß der Matrixgleichung (8) freigegeben, wenn die durch den Index i bestimmte Anzahl Folgen von Meßkoeffizienten h_{i1} bis h_{i4} gespeichert ist. Derartige Umrechnungen haben in der Regel einen größeren Zeitbedarf, so daß hier eine asynchrone Verarbeitbarkeit erfolgt mit einem Start durch die Steuervorrichtung 77 und einer Fertigmeldung an die Steuervorrichtung 77 durch die Rechenvorrichtung 80. Mit der Fertigmeldung sind dann in der Rechenvorrichtung 80 alle den Meßwerten B_{Mi} zugeordneten Filterkoeffizienten $f_{i1}, f_{i2}, f_{i3}, f_{i4}$ gespeichert.

Zeitgleich mit der Übergabe der Meßkoeffizienten h_{i1} bis h_{i4} an die Rechenvorrichtung 80 ist die in der Koeffizientenschaltung 20 ermittelte Meßwertschätzung B_{Mi} an die Differenzeinheit 85 übertragen worden, in der die jeweiligen Differenzen δ_{Mi} gebildet und gespeichert werden.

Das eigentliche Ausgangssignal des Filters, der Ausgangs- oder Fehlervektor Δp der Zieldaten, wird komponentenweise durch die Multiplikation der Filterkoeffizienten f_{i1} bis f_{i4} jeweils mit der Differenz δ_{Mi} und der Summation all dieser Produkte über alle i in der Akkumulationsschaltung 88 gebildet. Dieser Ausgangsvektor Δp wird dann in der Vergleichsschaltung 90 in der Weise geprüft, daß seine Vektornorm $\|\Delta p\|$

$$\|\Delta p\| = [(\Delta X_0 + \Delta V_x \cdot T_M)^2 + (\Delta Y_0 + \Delta V_y \cdot T_M)^2]^{1/2} \quad (9)$$

bestimmt und mit einer in der Vergleichsschaltung 90 abgelegten, fest vorgegebenen Schwelle verglichen wird. Wird die Schwelle von der Vektornorm $\|\Delta p\|$ gemäß Gl. (9) unterschritten, so wird der Ausgangsvektor Δp in der Additionsstufe 94 zum Eingangsvektor β addiert, das Additionsergebnis als verbesserter Eingangsvektor β in den Zielvektorspeicher 10 eingeschrieben und seine Ausgabe über das Ausgabe-Interface 96 z. B. an das Datensichtgerät 75 freigeschaltet. Andernfalls erfolgt lediglich das Einschreiben des korrigierten Eingangsvektors β in den Zielvektorspeicher 10 und ein Neustart der Bestimmung der Filterkoeffizientenmatrix F mit den gleichen Meßwerten B_{Mi} , jedoch diesem bereits verbesserten Eingangsvektor β .

Die iterative Bestimmung der Zieldaten konvergiert schneller, d. h. mit weniger Iterationen, wenn in einer zusätzlichen Stützkoeffizientenschaltung 120 die Stützkoeffizienten $h_{i1}, h_{i2}, h_{i3}, h_{i4}$ und eine Stützwertschätzung S bestimmt werden, mit der zusätzliche Messungen oder Beobachtungen, beispielsweise Entfernungsmessung mit Radar, Geschwindigkeitsbeobachtung aufgrund des Propellergeräusches oder Kursbeobachtung durch Sehrohrbeobachtung, durch die Rechenvorrichtung 80 in die Berechnung der Filterkoeffizientenmatrix F mit einbezogen werden.

In der Koeffizientenschaltung 20 weitgehend gleichartigen Stützkoeffizientenschaltung 120 werden die einem Stützwert S zugeordneten Stützkoeffizienten h_{s1} bis h_{s4} und das Quadrat der Stützwertschätzung S^2 ermittelt und vorzugsweise im Anschluß an alle Meßkoeffizienten h_{i1} bis h_{i4} der Rechenvorrichtung 80 zugeführt. Die Rechenvorrichtung 80 berechnet eine erweiterte Filterkoeffizientenmatrix F , und im Anschluß an die Akkumulation der Produkte aus Differenzen δ_{Mi} und Filterkoeffizienten f_{i1} bis f_{i4} wird über den Schalter 181 die Differenz δ_s aus dem Quadrat des Stützwerts S^2 und dem Quadrat der Stützwertschätzung S^2 an die Akkumulationsschaltung 88 durchgeschaltet, mit den Filterkoeffizienten f_{s1} bis f_{s4} multipliziert und somit ein Ausgangsvektor Δp mit den Komponenten

$$\Delta X = \sum_{i=1}^N f_{i1} \cdot \delta_{M1} + f_{S1} \cdot \delta_S \quad \Delta Y = \sum_{i=1}^N f_{i2} \cdot \delta_{M1} + f_{S2} \cdot \delta_S \quad (10)$$

$$\Delta V_x = \sum_{i=1}^N f_{i3} \cdot \delta_{M1} + f_{S3} \cdot \delta_S \quad \Delta V_y = \sum_{i=1}^N f_{i4} \cdot \delta_{M1} + f_{S4} \cdot \delta_S$$

gebildet.

Dabei gibt $i=N$ die Anzahl Meßwerte an, die bis zu einem Zeitpunkt, i. a. der aktuellen Meßzeit, ausgewertet werden.

Die in Fig. 4 dargestellte Stützkoeffizientenschaltung 120 ist mit geringem Aufwand für verschiedene Stützwerteingaben S bzw. deren Quadrate S^2 modifizierbar, dazu sind die Multiplikationsschaltungen 124.1 bis 124.4 vorgesehen, die über den Steuereingang 128 vom Steuerspeicher 68 ansteuerbar sind.

Mit der Eingabe einer quadrierten Entfernungsstützung S_R und der zur Bezugszeit T_R gehörigen Beobachtungsposition X_R, Y_R wird in den Steuerspeicher 68 eine Eins eingegeben und damit das Durchschalten der Stützkoeffizientenrechner 150 bewirkt sowie die Aktivierung der Ausgänge 136.1 und 136.2 durch die Multiplizierstufen 139.1 und 139.2 gewährleistet. In dem Bezugsleitspeicher 65 ist die Bezugszeit T_R der Entfernungsstützung S_R gespeichert, so daß dem Stützkoeffizientenrechner 150 das Ausgangssignal der Addierer 126.1 und 126.2 als beobachtete dynamische Zielpositionskoordinaten $\hat{X}_0 + \hat{V}_x T_R$ und $\hat{Y}_0 + \hat{V}_y T_R$ und die Beobachtungspositionen X_R, Y_R zugeführt werden.

In dem in Fig. 4 dargestellten Stützkoeffizientenrechner 150 ergeben sich daraus erste Stützkoeffizienten h_{SR1}, h_{SR2} zu

$$h_{SR1} = -2\hat{R}_x; h_{SR2} = -2\hat{R}_y \quad (11.1)$$

mit

$$\hat{R}_x = \hat{X}_0 + \hat{V}_x \cdot T_R - X_R \text{ und } \hat{R}_y = \hat{Y}_0 + \hat{V}_y \cdot T_R - Y_R$$

da die Multiplizierstufen 139.1 und 139.2 lediglich noch eine Multiplikation mit Eins bewirken, und das Quadrat der Stützwertschätzung S_R zu

$$S_R^2 = \hat{R}^2,$$

wobei

$$\hat{R}^2 = \hat{R}_x^2 + \hat{R}_y^2$$

ist. Die weiteren Stützkoeffizienten

$$h_{SR3} = h_{SR1} \cdot T_R \text{ und } h_{SR4} = h_{SR2} \cdot T_R \quad (11.2)$$

ergeben sich als Ausgangssignale der Multiplizierstufen 139.3, 139.4.

Mit der Eingabe einer quadrierten Geschwindigkeitsstützung S_V über das Datensichtgerät 75 werden der Steuerspeicher 68 auf Null und der Bezugsleitspeicher 65 gesetzt. Damit sind die Eingänge 121.1, 121.3 und 122.1, 122.3 inaktiviert und die Ausgänge 136.1 und 136.2 zu Null gesetzt, so daß lediglich die zur Geschwindigkeitsstützung S_V gehörige Koeffizientenfolge zu

$$h_{SV1} = 0, h_{SV2} = 0, h_{SV3} = +2 \hat{V}_x \text{ und } h_{SV4} = +2 \hat{V}_y \quad (12)$$

bestimmt wird.

Für die Eingabe einer Kursstützung S_K wäre gemäß einem nicht weiter dargestellten Ausführungsbeispiel der Stützkoeffizientenrechner 150 in der Stützkoeffizientenschaltung 120 durch den Koeffizientenrechner 50 identisch zu ersetzen. Wird dann bei Eingabe der Kursstützung S_K durch das Datensichtgerät 75 der Steuerspeicher 68 zu Null und der Bezugsleitspeicher 65 zu Eins gesetzt, so werden in der Stützkoeffizientenschaltung 120 die Stützkoeffizienten

$$h_{SK1} = 0, h_{SK2} = 0, h_{SK3} = \frac{-\hat{V}_x}{\hat{V}^2} \text{ und } h_{SK4} = \frac{\hat{V}_y}{\hat{V}^2} \quad (13)$$

gebildet, die über die Ausgänge 136.1 bis 136.4 der Rechenvorrichtung 80 der Meßkoeffizientenmatrix H zugeführt werden.

Bei der Filterung von Meßwerten B_{Mi} unter Einbeziehung einer Entfernungsstützung S_R bzw. einer Geschwindigkeitsstützung S_V werden somit die Differenzen δ_{SR} bzw. δ_{SV} aus den quadrierten Stützwerten S_R^2 bzw. S_V^2 und Schätzungen \hat{S}_R^2 bzw. \hat{S}_V^2 , d. h.

$$\delta_{SR} = S_{R1} - \hat{S}_{V1} \text{ bzw. } \delta_{SV} = S_{V1} - \hat{S}_{V1} \quad (14.1)$$

mit den Filterkoeffizienten $f_{S_{R1}}$ bis $f_{S_{Rn}}$ bzw. $f_{S_{V1}}$ bis $f_{S_{Vn}}$ gewichtet. Wohingegen bei einer Kursstützung die Differenz δ_{SK} aus linearer Kursstützung S_K und -schätzung \hat{S}_K

$$\delta_{SK} = S_K - \hat{S}_K \quad (14.2)$$

gefiltert wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäß den Fig. 5 und 6 ist eine Modifikation des in den Fig. 1 und 2 wiedergegebenen Ausführungsbeispiels, bei dem zur Vereinfachung auf die Verarbeitung von Stützwerten verzichtet worden ist. Auf die Beschreibung der bereits in Fig. 1 und 2 angegebenen gleichartigen Baugruppen, die in Fig. 5 und Fig. 6 mit gleichartigen Bezugszeichen dargestellt sind, soll bei der Beschreibung dieses Ausführungsbeispiels nur eingegangen werden, wenn es für die Darstellung der Funktion erforderlich ist.

Durch die Modifikation des Filters gemäß Fig. 5 werden von dem Filter die Zieldaten eines Fahrzeugs in einem längeren Zeitintervall auch dann bestimmt, wenn sich das Ziel auf einer Zielbahn mit unterschiedlichen Geschwindigkeitskomponenten bewegt. Diese Zielbahnabschnitte werden i. a. als "Legs" bezeichnet, wobei angenommen wird, daß die zum jeweiligen Leg gehörenden Geschwindigkeitskomponenten konstant sind.

Zur Detektion der Zeitpunkte, an denen das Zielfahrzeug ein Manöver, d. h. eine Änderung seiner Geschwindigkeitskomponenten vorgenommen hat, ist ein Manöverdetektor 76 vorgesehen, der mit der Peileinrichtung 87 und der Steuervorrichtung 77 eingangsseitig verbunden ist. Die Zeiten für detektierte Zielmanöver werden in einem nachgeschalteten Manöverzeitspeicher 71 gespeichert, der einen Zähler 71.5 für die Anzahl detektierter Manöverzeiten und die Manöver Speicherplätze 71.0, 71.1 aufweist, wobei im Manöver Speicherplatz 71.0 die Anfangszeit T_{A0} aller Meßzeiten T_{Mi} , d. h. i. a. $T_{M1} = 0$, gespeichert ist. Dieser Manöverzeitspeicher 71 und der Meßzeitspeicher 70 sind mit einer Zeitvergleichsschaltung 79 verbunden, deren Zeitausgänge 79.0 und 79.1 an die Koeffizientenschaltung 20 und an die Vergleichsschaltung 90 angeschlossen sind.

Im Zielvektorspeicher 10 sind für die Geschwindigkeitskomponenten nach dem ersten Manöver \hat{V}_{x1} und \hat{V}_{y1} weitere Speicherelemente 16 und 17 vorgesehen, die ausgangsseitig einerseits mit der Koeffizientenschaltung 20 und andererseits mit dem Ausgabe-Interface 96 verbunden sind und die eingangsseitig ebenso wie die Speicherelemente 11 bis 14 durch die nunmehr erweiterte Torschaltung 95 und zur Initialisierung durch den Basisdatenspeicher 15 angesteuert werden. An die erweiterte Anzahl zu bestimmender Vektorkomponenten \hat{X}_0 , \hat{Y}_0 , \hat{V}_x , \hat{V}_y , \hat{V}_{x1} , \hat{V}_{y1} sind außerdem die Rechenvorrichtung 80, die Akkumulationsschaltung 88, die Vergleichsschaltung 90 und die Additionsstufe 94 angepaßt, was unmittelbar der erweiterten Anzahl von Verbindungsleitungen zu entnehmen ist.

Die Koeffizientenschaltung 20 gemäß Fig. 6 weist weitere Eingänge 21.4 und 22.4 für die Geschwindigkeitskomponenten \hat{V}_{x1} und \hat{V}_{y1} sowie einen weiteren Meßzeiteingang 23.1 auf. An den Meßzeiteingängen 23 und 23.1 stehen als Meßzeiten die Zeitsignalwerte T_{Mi} und T_{Mi1} an. In Parallelschaltungen zu den Multiplizierern 25.1 und 25.2 sind weitere Multiplizierer 25.3 und 25.4 vorgesehen, wobei der Multiplizierer 25.3 eingangsseitig vom Eingang 21.4 mit der Geschwindigkeitskomponente \hat{V}_{x1} und vom Eingang 23.1 mit Meßzeiten T_{Mi1} und der Multiplizierer 25.4 eingangsseitig vom Eingang 22.4 mit der Geschwindigkeitskomponente \hat{V}_{y1} und vom Eingang 23.1 mit Meßzeiten T_{Mi1} angesteuert werden. Ausgangsseitig sind die Multiplizierer 25.3 bzw. 25.4 jeweils mit den Addierern 26.1 bzw. 26.2 verbunden.

Die Koeffizientenschaltung 20 enthält ferner weitere Multiplizierstufen 39.5 bzw. 39.6, die mit den Koeffizientenausgängen 56.1 bzw. 56.2 und jeweils mit dem Eingang 23.1 für Meßzeiten T_{Mi1} verbunden sind. Mit diesen Multiplizierstufen 39.5 bzw. 39.6 werden die zusätzlichen Meßkoeffizienten h_{i5} bzw. h_{i6} gebildet, die an den Meßkoeffizientenausgängen 36.5 bzw. 36.6, die mit der Rechenvorrichtung 80 in Fig. 5 verbunden sind, anstehen.

In Fig. 5 und 6 ist zwar ein Ausführungsbeispiel für die Bestimmung der Filterkoeffizienten f_i bei einem einzigen Zielmanöver dargestellt, jedoch durch gleichartige parallele Erweiterungen ist ein Filter zu realisieren, mit dem die Zieldaten eines Ziels bei einer beliebigen Anzahl j von Manövern bestimmt werden. Darauf wird auch in mehreren der nachfolgenden Abschnitte hingewiesen.

Mit dem modifizierten Filter gemäß Fig. 5 werden die Zieldaten eines Ziels bestimmt, das sich auf einer Zielbahn gemäß Fig. 7 bewegt. Die Darstellung der Zielbahn in Fig. 7 ist auf ein kartesisches X, Y -Koordinatensystem bezogen, in dessen Ursprung sich die Meßposition X_E, Y_E zu einem Zeitpunkt, i. a. dem Anfangszeitpunkt der Messungen befindet. Die Zielbahn beginnt, wie dargestellt, zur Zeit T_{A0} an der Zielposition X_0, Y_0 und das Ziel hat dabei die Geschwindigkeitskomponenten \hat{V}_x, \hat{V}_y . Zum Zeitpunkt T_{A1} hat der Manöverdetektor 76, der das Zielgeräusch ständig einer Signal- oder Frequenzanalyse unterzieht, aus einer Signal- oder Frequenzänderung ein Manöver detektiert. Das Ziel hat von diesem Zeitpunkt T_{A1} an die Geschwindigkeitskomponenten $\hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$. Der Abschnitt der Zielbahn im Zeitintervall T_{A0}, T_{A1} wird auch als Leg 0 und der zum Zeitpunkt T_{A1} beginnende Abschnitt als Leg 1 bezeichnet. Bei der Detektion weiterer Manöver wird die Zielbahn entsprechend ergänzt, wie in Fig. 7 durch die gestrichelte Darstellung der Zielbahn für Leg 2 vom Zeitpunkt T_{A2} an angegeben ist. Die zugehörigen Geschwindigkeitskomponenten wären dann \hat{V}_{x2} und \hat{V}_{y2} .

Zur Bestimmung der Vektorkomponenten des Ziels auf den verschiedenen Legs werden nach der Anfangszeit T_{A0} die Manöverzeitpunkte T_{Aj} in den Manöverzeitspeichern 71 eingeschrieben. Die Detektion von Manövern erfolgt immer erst nach einer durch die Konstruktion des Manöverdetektors 76 bedingten Anzahl von Messungen, also mit einer konstruktionsbedingten, zeitlichen Verzögerung. Das hat zur Folge, daß auch die Auswertung der Messungen durch das Filter erst nach eben dieser konstruktionsbedingten Verzögerung erfolgen kann.

Die Geschwindigkeitskomponenten \hat{V}_x, \hat{V}_y bzw. $\hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$ geben den richtigen Zielzustand paarweise nur in dem dem Leg zugehörigen Zeitintervall zwischen zwei Manövern wieder. Daher gibt die Zeit zu Beginn eines Legs die untere Intervallgrenze und am Ende eines Legs die obere Intervallgrenze an. Bei dem Beispiel in Fig. 7

ist für Leg 0 der Zeitpunkt T_{A0} die untere und der Zeitpunkt T_{A1} die obere Intervallgrenze, wohingegen für Leg 1 die untere Intervallgrenze durch T_{A1} bezeichnet ist. Die obere Intervallgrenze T_{A2} würde erst durch die Detektion eines weiteren Manövers ermittelt. Die dafür vorgesehenen Speicherplätze im Manöverzeitspeicher 71 — sie sind in Fig. 5 nicht weiter dargestellt — werden wie auch die Speicherplätze 71.0 und 71.1 unmittelbar vor Beginn des Meßzyklus mit den Manöverzeiten $T_{Aj} = \infty$ belegt.

In der Zeitvergleichsschaltung 79 in Fig. 5 werden die Meßzeiten T_{Mi} im Meßzeitspeicher 70 mit den Manöverzeiten T_{Aj} im Manöverzeitspeicher 71 verglichen und den Intervallen, d. h. den Legs der Zielbahn, zugeordnet. Jedem Leg ist ein Ausgang der Zeitvergleichsschaltung 79 zugeordnet. Das heißt, am Zeitausgang 79.0 stehen Zeitsignalwerte T'_{Mi} für Leg 0 und am Zeitausgang 79.1 Zeitsignalwerte T'_{Mi1} für Leg 1 an. Diese Zeitsignalwerte haben an jedem Ausgang den Wert Null, solange die Meßzeiten T_{Mi} kleiner oder gleich der detektierten Manöverzeit T_{Aj} sind, wobei die Anfangszeit T_{A0} in diesem Sinne als Manöverzeit aufgebracht ist, oder sie haben den Differenzsignalwert zwischen Meßzeit T_{Mi} und unterer Intervallgrenze T_{Aj} , wenn die Meßzeit T_{Mi} größer als die untere Intervallgrenze T_{Aj} und kleiner als die obere Intervallgrenze T_{Aj+1} ist, oder sie haben den Differenzsignalwert zwischen oberer Intervallgrenze T_{Aj+1} und unterer Intervallgrenze T_{Aj} , wenn die Meßzeit T_{Mi} größer als die obere Intervallgrenze T_{Aj+1} ist. Die Funktion der Zeitvergleichsschaltung ist für eine beliebige Zahl j von Manövern für jeden Zeitausgang 79. j durch die Gl 15

$$T_{Mij} = \max(0, \min(T_{Mi} - T_{Aj}, T_{Aj+1} - T_{Mi})) \quad (15)$$

zu beschreiben.

In der Koeffizientenschaltung 20 werden die Zeitsignalwerte T'_{Mi} am Zeitausgang 79.0 mit den Geschwindigkeitskomponenten \hat{V}_x, \hat{V}_y und die Zeitsignalwerte T'_{Mi1} am Zeitausgang 79.1 mit den Geschwindigkeitskomponenten $\hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$ multipliziert, koordinatenweise zu den Komponenten \hat{X}_0 bzw. \hat{Y}_0 addiert, so daß sich daraus die erweiterten Zielpositionskoordinaten \hat{X}_b, \hat{Y}_b ergeben. Unter Berücksichtigung der zugehörigen gespeicherten Meßpositionskoordinaten X_{Eb}, Y_{Eb} ergeben sich dann analog den Gl (3.1) und (3.2) die erweiterten Abstandskomponenten $\hat{R}_{xb}, \hat{R}_{yb}$ zu

$$\hat{R}_{xi} = \hat{X}_0 + \hat{V}_x \cdot T_{Mi} + \hat{V}_{x1} \cdot T_{Mi1} - X_{Ei} \quad (16.1)$$

$$\hat{R}_{yi} = \hat{Y}_0 + \hat{V}_y \cdot T_{Mi} + \hat{V}_{y1} \cdot T_{Mi1} - Y_{Ei} \quad (16.2)$$

Mit diesen Abstandskomponenten $\hat{R}_{xb}, \hat{R}_{yb}$ werden die Meßkoeffizienten h_{i1}, \dots, h_{i4} gemäß Gl (5) bestimmt, wobei sich die Meßkoeffizienten h_{i3} und h_{i4} aus der Multiplikation der Meßkoeffizienten h_{i1} und h_{i2} mit den Zeitsignalwerten T'_{Mi} an Eingang 23 ergeben. Die für die Ermittlung der Vektorkomponenten des um die Geschwindigkeitskomponenten $\hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}$ erweiterten Zielzustandsvektor β

$$\beta = (\hat{X}_0, \hat{Y}_0, \hat{V}_x, \hat{V}_y, \hat{V}_{x1}, \hat{V}_{y1}), \quad (17)$$

erforderlichen Meßkoeffizienten h_{i5} und h_{i6} werden zusätzlich durch Multiplikation von h_{i1} und h_{i2} mit den Meßzeiten T'_{Mi1} an Eingang 23.1 berechnet und über die Ausgänge 36.5 und 36.6 an die Rechenvorrichtung 80 übertragen.

Wie sich aus den Bedingungen gemäß Gl. (15) für die Zeitsignalwerte T'_{Mij} an den Zeitausgängen 79. j ergibt, ist der Zeitsignalwert T'_{Mij} immer dann identisch Null, wenn die Meßzeit T_{Mi} kleiner als die Manöverzeit T_{Aj} ist, aber auch dann, wenn noch kein Manöver detektiert worden ist. Infolgedessen ist die Berechnung der erweiterten Filterkoeffizientenmatrix F durch die Rechenvorrichtung 80 erst dann notwendig, wenn die Filterkoeffizientenmatrix F für eine aktuelle Meßzeit T_{Mi} bestimmt wird, die größer als die Manöverzeiten T_{Aj} ist. Dazu wird die Anzahl j von Manöverzeiten T_{Aj} , die jeweils bis zur aktuellen Meßzeit T_{Mi} detektiert worden sind, in dem zur Adressierung der Manöverspeicherplätze 71.0, 71.1 vorgesehenen Zähler 71.5 des Manöverzeitspeichers 71 gezählt und über den Steuerbus 78 an die Rechenvorrichtung 80 übertragen. Dadurch wird die zur Bestimmung von Koeffizienten h und f für eine Maximalzahl J von Zielmanövern ausgelegte Rechenvorrichtung 80 derart gesteuert, daß jeweils der Grad der Matrizen H und F proportional der Anzahl j detektierter Manöver begrenzt ist. Bei dem angegebenen Ausführungsbeispiel sind die Koeffizientenfolgen manöverbedingt, also jeweils um die Meßkoeffizienten h_{i2j+3} und h_{i2j+4} bzw. die Filterkoeffizienten f_{i2j+3} und f_{i2j+4} erweitert.

In der Rechenvorrichtung 80 werden gemäß Gl. (8) aus den Meßkoeffizienten h_{i1} bis h_{i6} die Filterkoeffizienten f_{i1} bis f_{i6} ermittelt, mit denen die Akkumulationsschaltung 88 angesteuert wird. Die Akkumulationsschaltung 88 ist daher entsprechend der aufgrund einer maximal vorgegebenen Anzahl zu detektierender Manöver zur komponentenweisen Akkumulation der zu ermittelnden Vektorkomponenten vorgesehen, d. h. bei einer maximalen Zahl von J Manövern sind $2J+4$ parallele Akkumulationsstufen vorhanden. Die Prüfung und Verarbeitung des erweiterten Ausgangsvektors Δp erfolgt grundsätzlich in einer Art und Weise, wie sei bereits bei dem Filter ohne zusätzliche Manöverdetektion gemäß Fig. 1 angegeben ist. Lediglich in der Vergleichsschaltung 90 ist für den Vergleich mit der Schwelle eine Vektornorm $\|\Delta p\|$ des Ausgangsvektors Δp

$$\|\Delta p\| = \left[(\Delta \hat{X}_0 + \sum_j \Delta \hat{V}_{xj} \cdot T'_{Mij})^2 + (\Delta \hat{Y}_0 + \sum_j \Delta \hat{V}_{yj} \cdot T'_{Mij})^2 \right]^{1/2}$$

zu ermitteln, die Komponenten des Ausgangsvektors Δp und nunmehr die Zeitsignalwerte T'_{Mij} an den Zeitsignalausgängen 79. j berücksichtigt.

Auch das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 ist durch die Eingabe von Stützkoeffizienten h_s zu verbessern. Die Stützkoeffizienten h_s ergeben dabei eine Verbesserung der Vektorkomponenten eines oder mehrerer Legs und sind entsprechend diesen Legs in die Meßkoeffizientenmatrix H eingeordnet. Zu denjenigen Legs, zu denen keine weiteren stützenden Beobachtungen vorliegen, sind dann die zugehörigen Elemente der Meßkoeffizientenmatrix H mit Nullwerten aufzufüllen.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

3446658

1/6

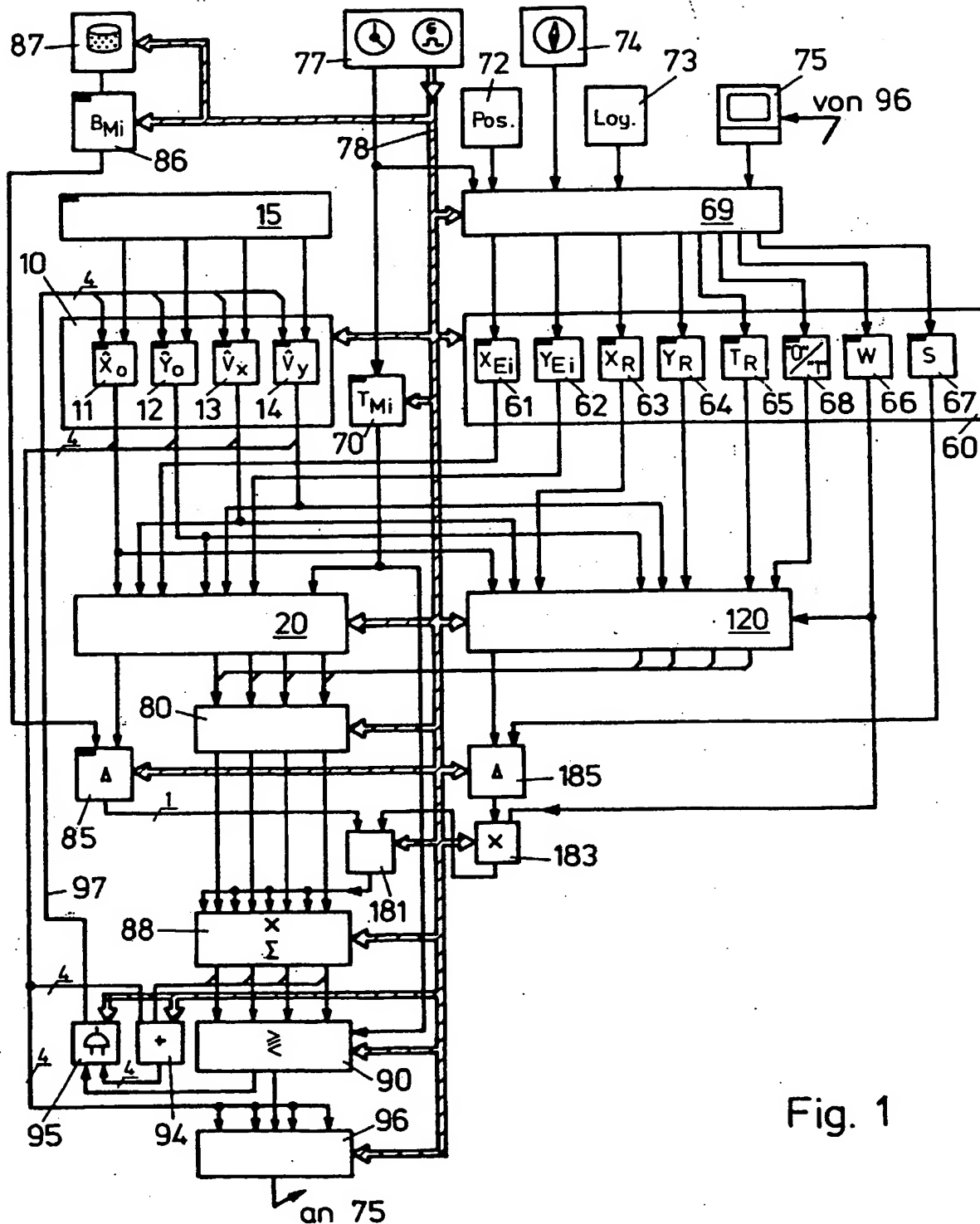


Fig. 1

46

3446658

2/6

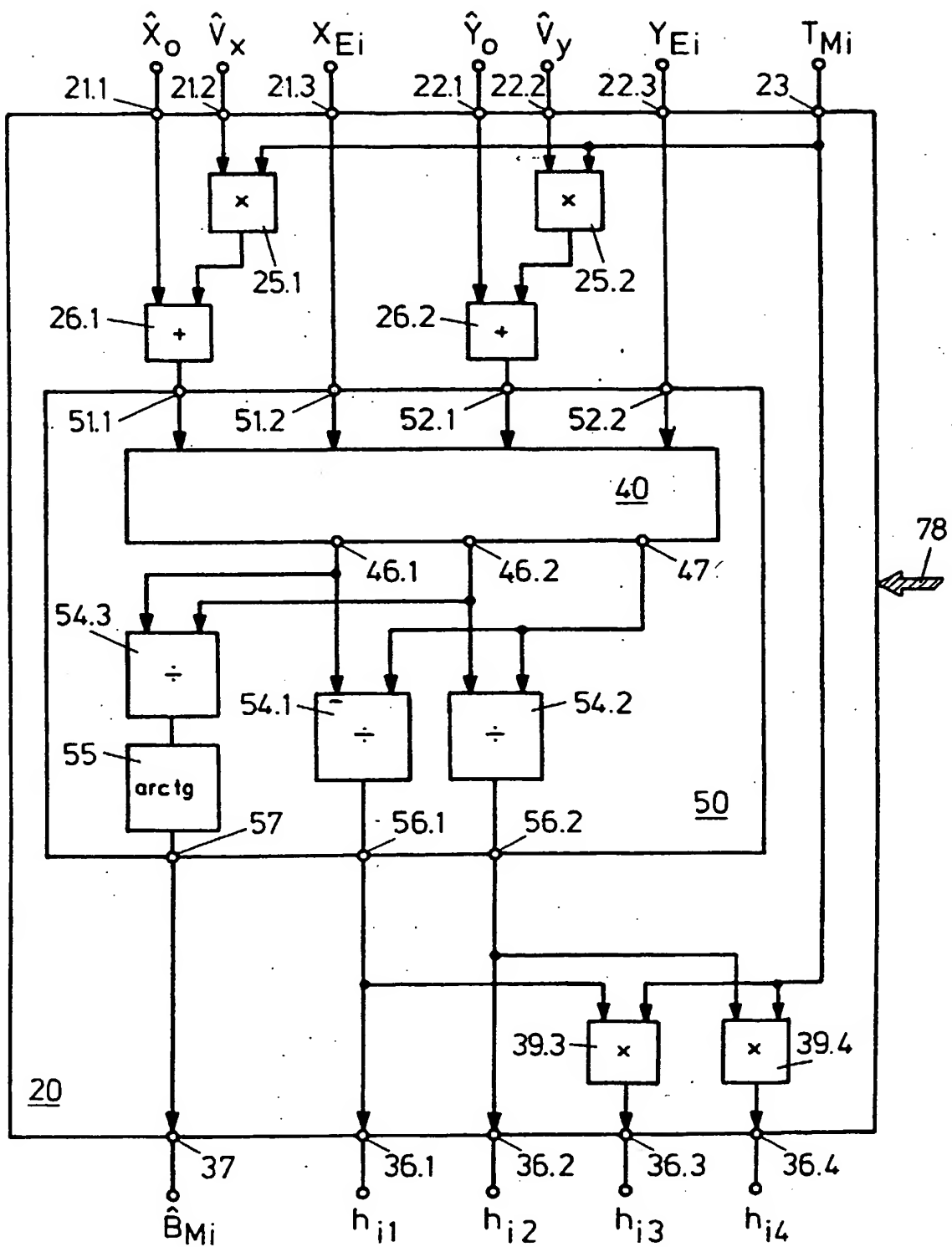


Fig. 2

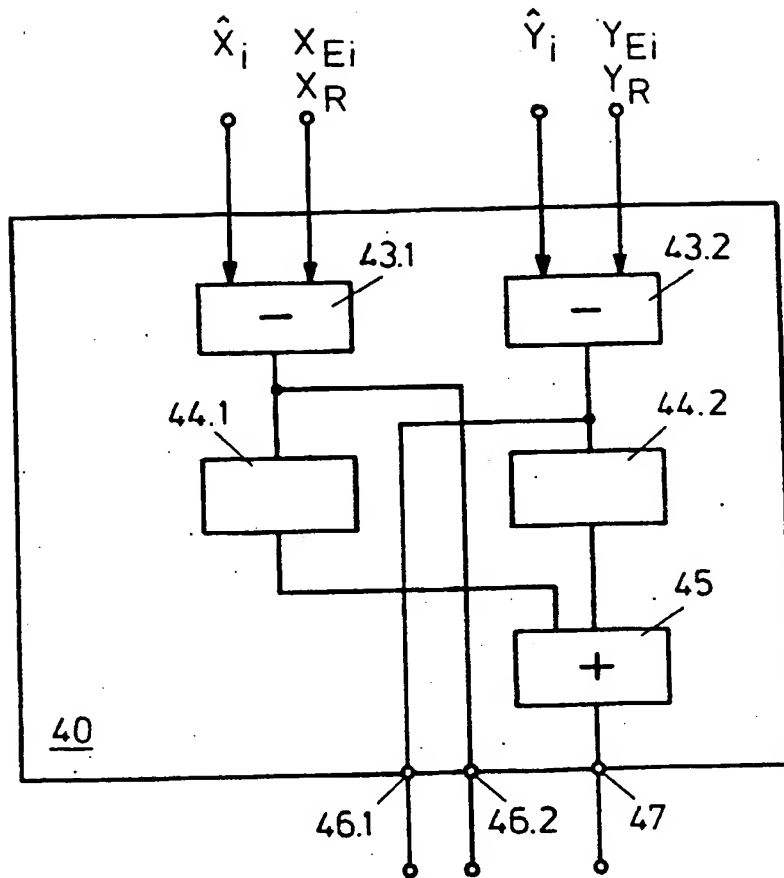


Fig. 3

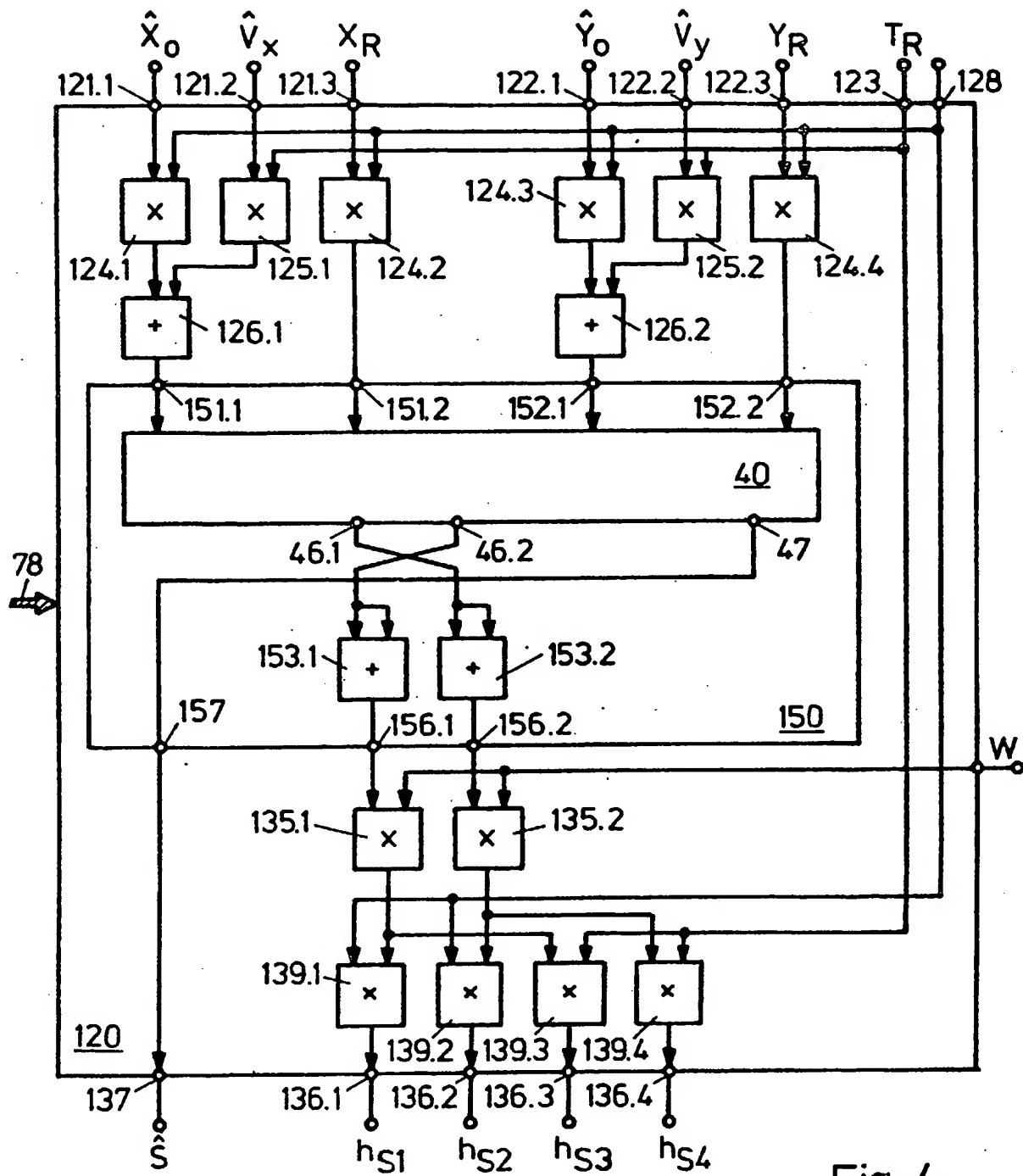


Fig. 4

3446658

5/6

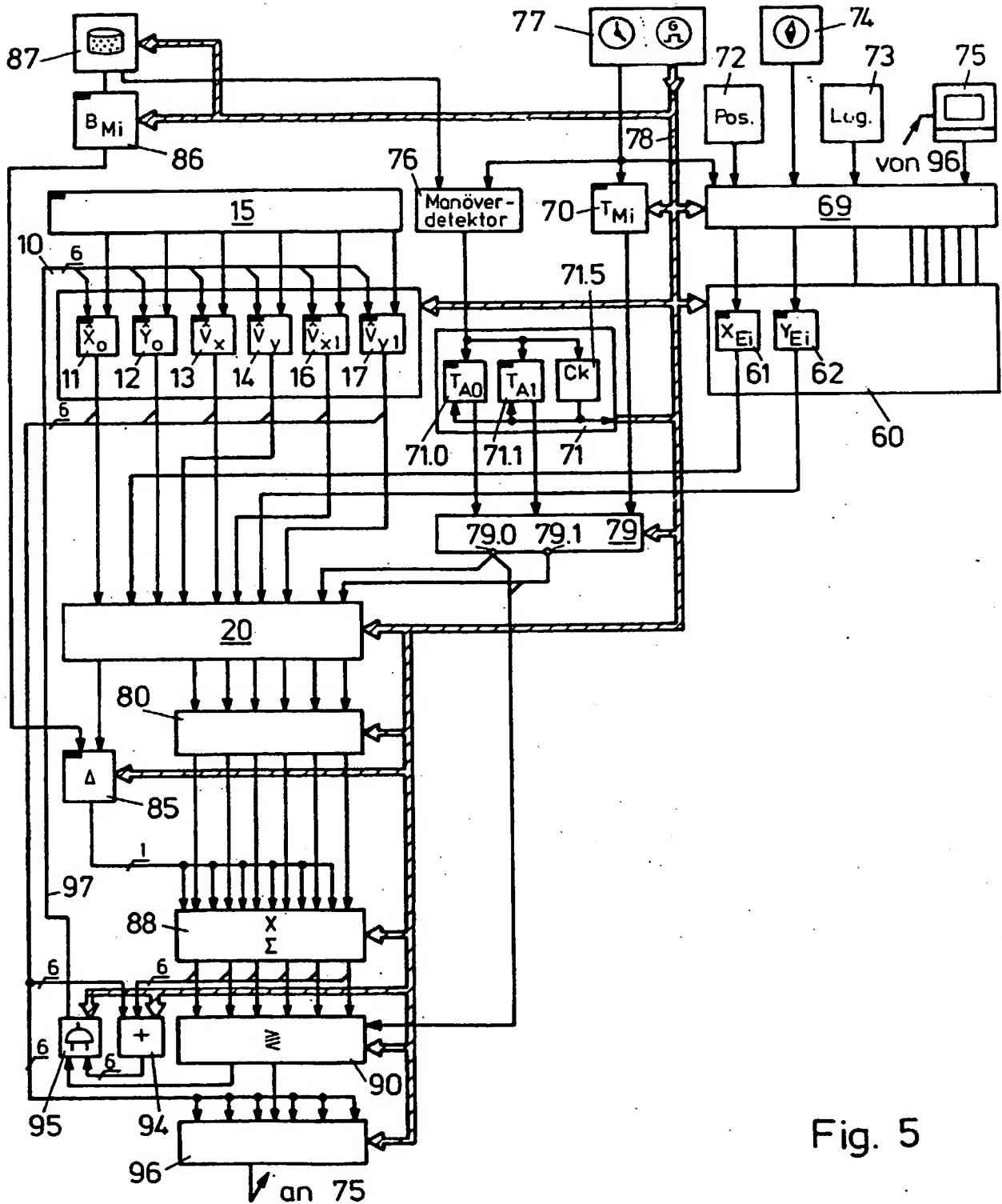


Fig. 5

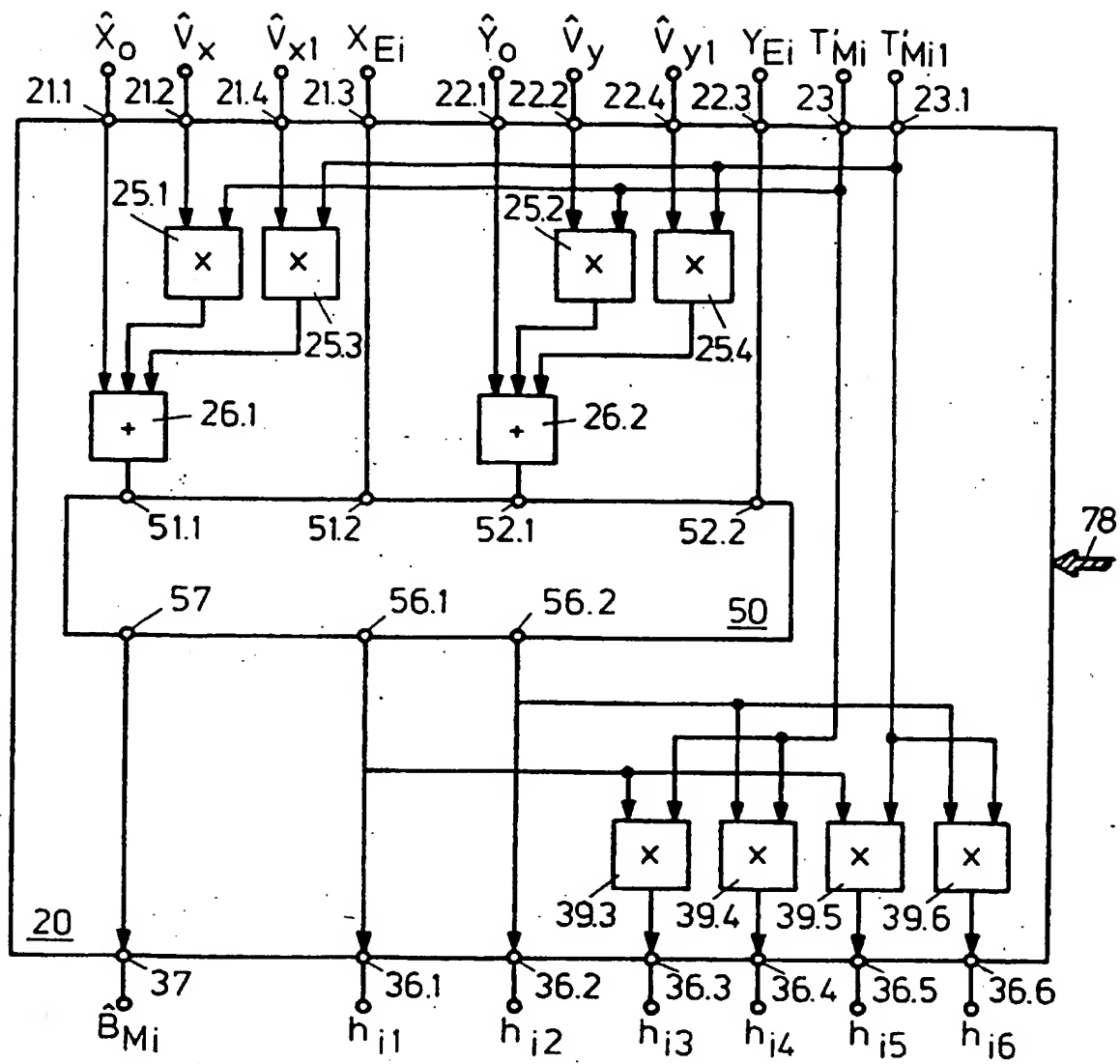


Fig. 6

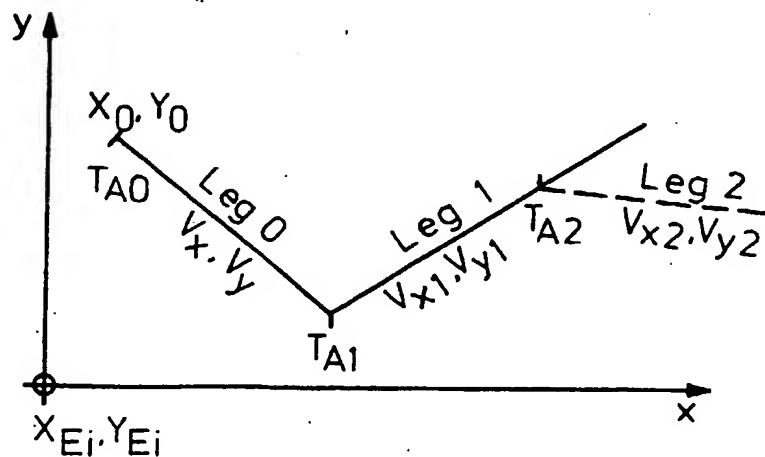


Fig. 7

THIS PAGE BLANK (USPTO)